



REALE OFFICIO TOPOGRAFICO



97
25

13. Prov.

IV

480

615585
SBN

MÉTALLURGIE PRATIQUE

DU FER.

DEUXIÈME PARTIE.

FABRICATION DU FER.

MÉTALLURGIE PRATIQUE

DU FER.

DEUXIÈME PARTIE.

FABRICATION DU FER FORGÉ.

DES DIVERS MOYENS D'OBTENIR LE FER.

On obtient le fer ductile, 1°. par l'affinage immédiat de certains minerais, 2°. par l'affinage de la fonte, 3°. par l'affinage des ferrailles et des rognures.

La première méthode ne peut être appliquée avec succès qu'aux minerais riches et fusibles, tels que les fers oxidulés, oligistes, spathiques et certaines hématites rouges et brunes.

On opère au charbon de bois, soit dans de bas fourneaux à cuve que l'on nomme *stuckofen* ou fourneaux à masse, soit dans de bas fourneaux ouverts que l'on nomme feux ou foyers à la catalane.

Les stuckofen, quoique encore employés dans certaines usines de Styrie, de Carinthie, de Suède et de Norvège, sont généralement abandonnés, à cause de la consommation trop grande qu'ils occasionnent en minerais et combustible. Ils ne doivent donc plus être considérés comme un des moyens d'opérer de la métallurgie actuelle, et par ce motif on n'entrera dans aucun détail à leur égard.

L'affinage immédiat dans les bas fourneaux ouverts est usité dans les Pyrénées, dans l'Arriège ou ancien comté de Foix, dans les Alpes, en Dau-



phiné, en Corse, à l'île d'Elbe, et dans d'autres parties de l'Italie, ainsi que dans la Gallicie orientale. Dans les Pyrénées, ce procédé est suivi de temps immémorial, et la *méthode catalane* peut être considérée comme le type de ce mode de production du fer.

L'affinage de la fonte est le moyen le plus généralement adopté pour fabriquer le fer forgé; il est aussi le seul applicable à une grande fabrication.

L'affinage de la fonte s'opère, 1° au charbon de bois, dans de bas fourneaux ouverts qui sont des espèces de creuset que l'on nomme *feux de forges, catins, affineries, renardières*, etc. Le type de ce mode de travail est la *méthode allemande*, dont toutes les autres ne sont en quelque sorte que des variétés; 2°. à la houille dans des *fours à réverbère*; 3°. en fondant d'abord la fonte au moyen du coke, dans de bas foyers que l'on nomme *fineries*, et achevant l'opération dans des fours à réverbère chauffés à la houille. Ces deux procédés appartiennent à la *méthode anglaise*.

Dans les méthodes catalane et allemande, le fer au sortir des foyers est porté sous des marteaux pour être étiré en barres de divers échantillons. On réchauffe le fer à mesure que cela est nécessaire, au charbon de bois, dans le *four même d'affinage*, ou dans un foyer particulier que l'on nomme *chaufferie*.

Dans la méthode anglaise, l'étrépage se prépare et s'achève par le moyen de cylindres munis de cannelures, ou bien on le prépare sous le marteau et on le termine entre des cylindres. Dans tous les cas, on réchauffe le fer à la houille dans des fours à réverbère.

Dans les usines de la Champagne, on suit un procédé mixte qui a reçu le nom de *méthode champenoise*. Il consiste à affiner la fonte dans des fours à réverbère chauffés à la houille, puis ensuite à étirer le fer sous des marteaux, en le réchauffant dans des chaufferies, avec le même combustible. Toutes les fontes traitées par cette méthode proviennent d'ailleurs de hauts fourneaux au charbon de bois.

Enfin on a cherché à perfectionner la méthode allemande et à accélérer ses résultats, en traitant la fonte au charbon de bois dans des feux d'affinerie, et en étirant ensuite entre des cylindres le fer préalablement réchauffé dans des fours à réverbère actifs à la houille.

L'affinage de la ferraille ne peut être considéré comme un véritable affinage, puisque le fer est déjà tout formé, et il se réduit en général à une opération de soudage, à moins qu'on n'ajoute de la fonte au vieux fer. Ce genre de travail se fait soit dans des feux de forges ordinaires, soit dans des

fours, puis on procède ensuite à l'étrépage, comme dans les opérations précédentes.

L'étrépage tel qu'on peut le faire immédiatement après l'affinage, ne produit que des barres d'un assez fort échantillon qui sont versées dans le commerce sous le nom de *fer marchand*. Leurs dimensions sont en général trop fortes pour qu'on puisse les employer avec avantage dans un grand nombre de travaux ou de fabrications, et il faut leur faire subir de nouvelles opérations, selon qu'on veut obtenir de petits fers ronds, carrés ou en bandes.

On fabrique ces petits fers en les étirant, soit sous de petits marteaux que l'on nomme *martinets*, soit sous de petits *laminoirs*. Les fers plats très minces sont passés entre des cylindres unis nommés *espatards*.

On obtient encore des petits fers carrés, en divisant des barres plates dans le sens de leur longueur, au moyen d'une *fenderie*.

Enfin on réduit le fer en *tôle*, ou en feuilles de diverses dimensions et épaisseurs, au moyen de forts cylindres unis et très durs qui portent le nom de *laminoirs à tôle*.

Tels sont les travaux qui s'exécutent dans les forges, et dont on va donner successivement la description en faisant connaître les divers moyens d'exécution et leurs résultats.

SECTION I.

AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINÉRAIS

PAR LA MÉTHODE CATALANE.

DISPOSITIONS DES FORGES CATALANES.

Bien que l'affinage immédiat ne se pratique pas seulement en Catalogne, mais encore en Biscaye, dans le Guipuscoa, dans la Navarre française et espagnole, dans les Alpes, etc., on désigne en général ce mode d'opération sous le nom de *travail à la catalane*, et l'on nomme *forges catalanes* les usines dans lesquelles il s'exécute.

La composition de ces usines est très simple et peu dispendieuse. Une ma-

chine soufflante, un four de grillage pour les minerais, un foyer, un marteau et une charbonnière en sont les parties essentielles, et l'on y ajoute quelquefois un martinet.

Pour que l'usine ait une disposition commode, il faut que le foyer soit placé entre la soufflerie et le marteau, et à peu de distance de l'une et l'autre. La distance de la soufflerie au centre du foyer varie de 1^m50 à 2^m, et la distance de ce centre au marteau de 2 à 4^m. Il faut laisser autour du marteau un espace d'environ 2^m, pour que le marteleur puisse manœuvrer avec facilité.

La planche 1^{re}, *deuxième partie*, et sa description font connaître en détail une disposition de forge catalane.

On fait généralement usage, dans ces forges, de machines soufflantes particulières que l'on nomme *trompes*; mais dans quelques unes on se sert aussi de soufflets en cuir. Les trompes sont pour l'ordinaire placées hors et contre le bâtiment de la forge; les soufflets sont à l'intérieur, dans un emplacement séparé.

Le four de grillage est en plein air et séparé des bâtiments. Le magasin à charbon ou charbonnière est à proximité de la forge, et disposé de manière à satisfaire autant que possible aux conditions énoncées dans la première Partie. (Première section. — Combustibles.)

L'eau est le seul moteur employé dans ces usines. On la rassemble dans un réservoir élevé, d'où elle est dirigée dans les trompes et sur les roues hydrauliques. La hauteur des chutes que l'on emploie, varie de 5 à 7^m, depuis le niveau supérieur de l'eau dans le réservoir jusqu'au-dessous de la roue, et la disposition de cette dernière est tellement imparfaite que, malgré ces chutes, on dépense jusqu'à 16 et 18 mètres cubes d'eau par minute dans les marteaux où le marteau doit frapper avec le plus de rapidité.

Les dimensions et la construction des roues sont presque partout les mêmes; elles sont indiquées par les Pl. I et III, et par leurs descriptions.

PRÉPARATION DES MINERAIS.

On prépare les minerais à la réduction et à la fusion par le grillage, l'exposition à l'air ou macération, et le cassage.

Grillage.

On grille généralement les minerais dans des fourneaux, l'opération à

l'air libre exigeant trop de combustible et ne produisant pas un grillage assez uniforme.

Les fourneaux employés sont de deux sortes. Les premiers ont la forme d'un cône trouqué renversé, dont la hauteur est d'environ 5 mètres, sur 1^m40 à 1^m60 de diamètre à la base inférieure, 1^m90 à 2^m10 à l'orifice supérieure. Ils sont pourvus d'une petite embrasure, et d'un ouvreau inférieur par lequel on allume le combustible et on retire le minerai grillé.

La seconde espèce de fours est de forme quadrangulaire un peu évasée. Ils ont de 3 à 4^m de hauteur, sur 2^m de côté à la base. A leur partie inférieure est une voûte à ouvreaux d'un mètre de hauteur et débouchant au dehors, dans laquelle on place le combustible.

Le grillage dans les fours à cuve se fait ainsi qu'il suit : On établit sur le fond une couche de bois de moyenne grosseur et d'environ 0^m50 d'épaisseur, sur laquelle on met un peu de charbon ; puis on la recouvre d'une couche de minerai de 0,35 à 0,40 de hauteur. On forme sur ce minerai une seconde couche de bois de 0,30 d'épaisseur recouverte d'un peu de charbon et d'une seconde couche de minerai de même épaisseur que la couche de bois. On continue à charger ainsi jusqu'au sommet du four. Alors on allume par l'ouveau inférieur, et l'on modère le feu en bouchant en partie cette ouverture pour que le grillage ne s'opère pas trop vite. Lorsque les charges sont assaisonnées et que l'opération est terminée, on retire le minerai pour recommencer une nouvelle opération.

Il serait facile de rendre le grillage continu avec ces fours, comme on l'a indiqué dans la première Partie, mais alors il faudrait les rétrécir à la base. Il résulterait de ce mode d'opérer une économie notable de combustible et de temps, et l'on pourrait y employer de plus petit bois sans aucun mélange de charbon. (*Voy.* première Partie. — Grillage.)

Dans les fourneaux voûtés, la partie supérieure est remplie de minerai en ayant soin de placer les plus gros morceaux dans le fond. On allume le feu sous la voûte qui est remplie de branchages et menus bois, et on le pousse à volonté jusqu'à ce que le grillage soit achevé. Ces fourneaux sont plus économiques que les premiers ; mais avec les modifications indiquées, ceux-ci n'exigeraient pas plus de combustible, outre qu'il y aurait continuité dans l'opération, ce que ne comportent pas les fours voûtés.

Dans plusieurs usines des Pyrénées, où l'on traite des hématites brunes compactes, on ne leur fait pas subir de grillage ; mais il paraît que le fer en est moins doux, acideux et souvent pailleux.

Macération.

Lorsque les minerais sont purs, on les laisse seulement reposer pendant deux ou trois semaines après le grillage; mais s'ils sont pyriteux ou phosphoreux, on les laisse exposés à l'action de l'air et de l'eau pendant une année au moins avant de les employer, en ayant soin de les arroser et de les retourner souvent, pour faciliter la séparation des substances nuisibles.

Cassage.

Le cassage des minerais grillés et macérés au besoin se fait avec de petits marteaux du poids d'un demi-kilog. environ. On les divise en fragmens de la grosseur d'une noix, en évitant autant que possible de former trop de poussière parce qu'elle ne peut être utilisée. On cribble les résidus de cassage et on en retire la grenaille, que l'on nomme *greillade*, pour la faire entrer dans les charges du fourneau.

DES FONDANS ET MÉLANGES DE MINERAIS.

Selon la nature des minerais traités, les fondans employés sont l'argile ou les terres argileuses, et la pierre calcaire. On suit à cet égard les règles indiquées dans la première Partie. On mélange aussi les minerais ainsi que cela se pratique pour les hauts fourneaux, et l'on obtient ainsi une fusion plus facile, et des fers de qualités meilleures et plus uniformes.

DES TROMPES. (Pl. 2.)

Les trompes sont des appareils dans lesquels l'air qu'on veut recueillir est entraîné par le mouvement de l'eau, dans une caisse où s'effectue la séparation des deux fluides, et de laquelle l'air et l'eau s'échappent ensuite par des ouvertures ou des conduits séparés.

Elles se composent : d'un réservoir ou bassin supérieur R, que l'on nomme *pêchère*, Pl. 2. fig. 1 à 3, dans lequel afflue l'eau destinée à mettre l'appareil en jeu; d'un ou plusieurs tuyaux verticaux en bois A, que l'on nomme *arbres*, et dont la section est carrée ou circulaire, mais plus ordinairement circulaire; d'une *caisse* ou *cuve* sur laquelle repose le bont inférieur des arbres, et qui forme le réservoir d'air; d'un tuyau en bois ou en fer-blanc B, nommé *homme* ou *sentinelle*, auquel s'adapte le *burle* D. Ce dernier tuyau est pro-

longé par un conduit en cuir E, ou *bourec*, qui porte le *canon de bourec*, ou la buse par laquelle s'échappe l'air.

L'ouverture supérieure de l'arbre est rétrécie en forme de cône ou de pyramide tronquée, dont la plus petite section se nomme *étranguillon*. Immédiatement au-dessous des étranguillons, la section de l'arbre augmente, et dans cette partie sont placées quatre ouvertures *a, a*, qui donnent entrée à l'air, et qu'on nomme *aspirateurs* ou *trompillons*. Assez souvent on perce un cinquième aspirateur vers le milieu de la longueur de l'arbre.

La cuve peut avoir un fond, et alors elle porte un tuyau relevé *fig. 1*, ou une caisse à vanne, *fig. 12* et *13*, pour ne laisser échapper l'eau qu'à un niveau supérieur à l'orifice de sortie, lequel doit être au moins assez grand pour que l'eau qui s'écoule soit toujours égale à la quantité affluante; mais il est préférable d'employer une cuve sans fond, en la plaçant sur des chautiers dans un réservoir d'eau *fig. 15*, de manière qu'il y ait libre communication du dedans au dehors. On est ainsi dispensé de régler l'orifice de sortie, et l'eau affluante s'échappe toujours en quantité convenable par-dessus l'un des bords du réservoir.

Dans la cuve, vers les deux tiers de sa hauteur et sous les arbres, est placée une forte planche *t, t*, qu'on nomme *tablier* ou *banc*.

Voici le jeu des trompes. L'eau, en se précipitant dans les arbres, entraîne dans sa chute l'air qui entre par les aspirateurs. Elle vient se briser sur le tablier, se répand en pluie dans la cuve et abandonne ainsi l'air entraîné mécaniquement et une partie de celui qu'elle contient. L'eau fermant hermétiquement l'ouverture pratiquée pour sa sortie, l'air s'accumule dans la cuve, y acquiert plus de densité et y exerce une pression qui dépend de l'ouverture de la buse. En vertu de cette pression, la colonne d'eau de la cuve s'abaisse d'une certaine quantité au-dessous du niveau de l'eau extérieure, soumise seulement à la pression atmosphérique; et la différence des deux niveaux produit, du dehors au dedans, une réaction qui force l'air à s'écouler par la buse.

On voit que les cuves sont de véritables régulateurs à eau, et que, comme dans ces derniers (première Partie), la vitesse d'écoulement dépend de la différence des niveaux intérieur et extérieur, laquelle peut être déterminée par un manomètre à eau ou à mercure, placé sur la cuve ou sur l'un des tuyaux porte-vent.

Les trompes varient assez dans leur construction, dans leurs dimensions et dans leurs dispositions; celles qu'on considère comme les meilleures sous

ces divers rapports sont les trompes des Alpes, à arbres cylindriques, et à caisses sans fond. La grande trompe de Ria représentée Pl. 2, s'en rapproche beaucoup, sauf la cuve qui porte un tuyau recourbé pour la sortie de l'eau.

Voici, d'après MM. d'Aubuisson, Thibaut et Tardy, les règles à suivre dans la construction des trompes.

Placer quatre aspirateurs seulement sous l'étranguillon, les aspirateurs placés plus bas ne produisant pas d'effet utile sensible, ou laissant même échapper de l'air dans certains cas.

Etablir l'étranguillon à une distance de 0^m45 à 0^m80, au-dessous du niveau de l'eau dans le réservoir, pour que l'eau en sorte avec une vitesse de 3 à 4^m par seconde, ce qui est suffisant pour obtenir un bon effet.

Fixer le diamètre de l'étranguillon de manière que toute l'eau qu'on peut donner à la trompe, pour produire son plus grand effet, soit dépensée sous une charge de 0^m80. Ce diamètre varie ordinairement de 0^m10 à 0^m16, et il paraît préférable d'employer deux et même trois arbres que de dépasser cette dernière dimension.

Etablir le rapport d'usage de 8 à 5 entre le diamètre de l'arbre et celui de l'étranguillon. L'arbre peut être cylindrique intérieurement, mais il vaut mieux le faire conique, et lui donner en bas un diamètre égal à celui de l'étranguillon, ou un peu plus grand, pour empêcher l'air de rétrograder sous les fortes pressions.

Employer de préférence une caisse sans fond, en la posant sur des chantiers d'au moins 0^m10 de hauteur; ou si l'on fait usage d'une caisse à fond, y adapter une large ouverture à bords relevés, comme dans la petite trompe de Ria, *fig.* 12 à 14, et la placer dans le sens du tablier pour que l'eau s'y porte également et sans trop de vitesse.

Eloigner le porte-vent autant que possible du tablier, afin que l'air en sortant n'entraîne pas les gouttelettes très fines formées par le choc de l'eau sur ce tablier. Une caisse allongée favorise cette disposition.

La hauteur de chute depuis le niveau supérieur de l'eau jusqu'au-dessus du tablier, peut varier de 6^m à 8^m, sans faire varier beaucoup l'effet utile, pour une même dépense d'eau. Cependant il augmente un peu avec la hauteur. Le minimum de chute que l'on puisse employer avec avantage, est de 5^m.

Le diamètre du petit bout de la buse doit être au minimum de 0^m03 pour que l'air ne rétrograde pas sous les plus fortes pressions que l'on peut obte-

air; on ne lui donne pas plus de 0^m04. Les tuyaux porte-vent doivent avoir un diamètre à peu près quadruple, et le moins possible de longueur et de coudes, parce qu'il en résulte un moindre produit d'air.

On ne peut dans ces machines déterminer à l'avance la quantité d'air fournie pour une dépense d'eau connue; mais on peut la calculer facilement, comme on l'a indiqué dans la première Partie (*mach. soufflantes*), lorsqu'on connaît la hauteur manométrique et la section de l'orifice de sortie.

L'expérience donne les résultats suivants pour des trompes bien construites, la hauteur de chute étant de 5 à 6^m, le diamètre des étranguillons de 0^m16 à 0^m18, et celui de la buse de 0^m037 :

Pour une même ouverture d'étranguillon, la quantité d'air obtenue augmente avec la quantité d'eau dépensée, mais dans un moindre rapport; ainsi une trompe qui produit environ 6^m cubes d'air pour une dépense de 5^m cubes d'eau, ne donne que 8^m cubes environ d'air pour une dépense de 10^m cubes d'eau; mais dans ce dernier cas la pression est plus considérable.

En moyenne, une dépense d'un mètre cube d'eau produit un mètre cube d'air.

Une trompe des dimensions ci-dessus peut produire, au maximum, 2^m50 à 3^m cubes d'air par minute et par arbre.

La hauteur du manomètre augmente à peu près proportionnellement à la dépense d'eau. Cette hauteur varie de 3 à 7 centimètres de mercure, du minimum au maximum; la première correspondant à une dépense d'eau d'environ 5^m cubes par minute, la dernière à une dépense double.

Enfin ces machines n'utilisent moyennement que les 0,12 de la force ou quantité d'action dépensée.

Les trompes ne peuvent être établies que là où il y a de grandes chutes, de l'eau en abondance, et sont, sous le rapport de l'emploi de la force, les plus mauvaises machines; mais elles ont l'avantage d'être simples, d'une construction facile et très économique, enfin d'exiger le moins de soins et d'entretien.

Quant au reproche qu'on leur fait de produire un air saturé d'eau, les expériences hygrométriques de MM. Thilaut et Tardy prouvent qu'il n'est pas fondé, et que dans les trompes où le porte-vent est placé de manière à ne pas entraîner l'eau en gouttelettes, l'air n'est pas moyennement plus humide que l'air extérieur. Il l'est un peu plus en hiver où les feux marchent très bien; et un peu moins en été où leur marche est moins avantageuse.

Les effets nuisibles, dans ce dernier cas, ne peuvent donc être attribués à la vapeur d'eau. (*Voy. Régulateurs à eau, première Partie.*)

DES FOURNEAUX. (Pl. 1^{re}.)

On distingue les fourneaux des forges catalanes en fourneaux *catalans*, *navarrais* et *biscayens*. Ils diffèrent dans leurs formes, leurs dispositions et leurs dimensions, mais sont tous composés de quatre côtés qui portent un nom particulier. Le côté par lequel arrive le vent s'appelle *varme*; celui qui lui est opposé, *contrevent*; le côté de derrière, *rustine*; celui de devant par lequel s'écoulent les laitiers, se nomme *laiterol* ou *chio*. Le fond du foyer porte le nom de *sole*. Ces fourneaux n'ont pas de cheminée.

La varme et le contrevent sont toujours revêtus de pièces ou de fortes bandes de fer; les deux autres côtés sont formés de plaques de fonte, ou simplement de pierres réfractaires. La sole est assez ordinairement formée d'une seule pierre de grès réfractaire; mais dans plusieurs usines on remplace cette pierre par une ou deux plaques de fer de 6 à 8 centimètres d'épaisseur, ce qui est préférable pour la durée.

Le fourneau catalan est le plus petit; sa forme est rectangulaire, ses côtés sont des plans, dont deux verticaux, la varme et le laitierol; la sole, ordinairement en pierre, est au niveau du sol de l'usine. On en fait usage au centre et dans la partie orientale des Pyrénées.

Les fourneaux navarrais employés dans les Basses-Pyrénées et dans la Navarre espagnole, sont plus grands que les feux catalans, et les fourneaux biscayens employés en Espagne, ont des dimensions plus grandes encore. Dans ces feux, la varme et la rustine sont planes et verticales, les autres côtés sont inclinés et le contrevent est plus ou moins arrondi dans le sens horizontal (*fig. 7, 8 et 9*). La sole est plus basse que le niveau du terrain de l'usine, et en avant du laitierol est une *cave* ou fosse pour recevoir les laitiers. Ces fourneaux étant enterrés, il est essentiel de les préserver de toute humidité, et pour atteindre complètement ce but on les place quelquefois dans un vaste bassin de cuivre très mince.

Dans tous les feux catalans, le laitierol est recouvert d'une plaque de fonte, pour appuyer les ringards dont se servent les ouvriers, et pour recevoir la loupe de fer au moment où on la retire du feu.

Ces foyers sont alimentés d'air par des soufflets ou par des trompes, mais plus généralement par ces dernières machines.

Pour introduire le vent dans le fourneau, on loge dans le mur de varme un tuyau évasé que l'on nomme *tuyère*, lequel reçoit une ou deux buses, selon la quantité de vent dont on a besoin.

Les tuyères qui ne doivent recevoir qu'une seule buse sont quelquefois coniques; mais plus habituellement elles ont une partie plane sur laquelle elles reposent, et leur section transversale est alors un demi-cercle. Celles qui doivent recevoir deux buses ont une section demi-ovale.

On nomme *pavillon*, la plus grande ouverture; *œil*, la plus petite; *plat*, la partie plane qui forme le dessous de la tuyère; et *museau* le bout de la tuyère dans lequel est l'œil, et qui s'avance toujours d'une certaine quantité dans le fourneau.

Les trompes donnant un vent continu, n'exigent qu'une seule buse, mais il en faut deux avec les soufflets que l'on emploie, et dont l'action est intermittente.

Le tableau suivant présente toutes les données nécessaires pour la construction et la disposition des divers genres de fourneaux. Toutes les mesures sont en millimètres.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	FOURNEAU			
	CATALAN.	NAVARRAIS.	BISCAYEN.	DE RIA.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Enfoncement de la sole du creuset au-dessous du sol.	0	230	240	0
Profondeur mesurée de la sole au-dessus du laitierol.	430 à 450	690	720	550
Longueur ou distance du lai- } au fond du creuset... terol à la rustine, prise... } au-dessus du laitierol.	500	640	900	700
	580	960	1,280	750
Largeur ou distance de la var- } au fond du creuset... me au contrevent, prise... } au-dessus du contrevent.	470	530	815	600
	610	720	845	900
Du centre du laitierol à la sole.....	160	320	320	160
(Il est placé sur la ligne milieu de la largeur.)				
Profondeur au-dessous du sol.....	0	370	370	0
Cave du Profondeur au-dessus de la sole du creuset.	0	130	130	0
laitierol. Longueur.....	0	370	370	0
Largeur.....	0	290	290	0
L'axe des tuyères est placé au milieu de la largeur.				
Longueur des tuyères de trompes et de soufflets....	650	650	650	500
Tuyères à } deux vents. {	Largeur du pavillon ovale.....	560	560	"
	Hauteur du pavillon ovale.....	240	240	"
	Grand diamètre de l'œil ovale.....	56	80	"
	Petit diamètre de l'œil ovale.....	28	34	"
Tuyères } à un vent. {	Largeur du pavillon demi-circulaire....	320	320	270
	Hauteur du pavillon demi-circulaire....	160	160	140
	Diamètre de l'œil circulaire.....	42	50	44
				150
Saillie du museau de la tuyère dans le fourneau....	160	325	325	
Distance du plat de la } contre la varme..... tuyère à la sole, prise } au bout la tuyère.....	335	405	460	370
	240	325	380	325
Diamètre des buses au petit bout.....	30 à 40	35 à 42	35 à 45	35 à 40
Distance du bout du canot à l'œil de la tuyère.....	160	120	120	150

Toutes ces dimensions peuvent varier un peu en plus ou en moins, sans exercer d'influence sensible sur la marche des fourneaux, qui dépend surtout de l'habileté de l'ouvrier. Le fourneau de Ria, représenté Pl. 1^{re}, fig. 5 à 6, bien conduit, donne de bons résultats, quoique différant beaucoup des fourneaux catalans avec lesquels il a le plus d'analogie par sa disposition. Cependant il vaut mieux, en général, suivre les dimensions indiquées pour chaque genre de fourneau, les ouvriers y étant habitués.

On estime qu'il faut, au maximum, de 7 à 8 mètres cubes d'air par minute pour alimenter un fourneau catalan, et de 8 à 10 mètres cubes pour les fourneaux navarrais et biscayens.

En Corse, en Ligurie et en Piémont, on fabrique aussi le fer directement, dans des fourneaux dont les dimensions et les dispositions diffèrent beaucoup de celles usitées dans les Pyrénées; mais les résultats qu'ils donnent sont, sous tous les rapports, bien moins avantageux; et par ce motif, il n'y a aucune utilité à s'en occuper ici.

DES MARTEAUX.

Dans les forges catalanes où l'on ne fabrique pas de fer de petit échantillon, on n'emploie qu'un marteau comme celui que représente la Pl. 5; dans celles où l'on fait des barres de petites dimensions, on se sert en outre d'un plus petit marteau que l'on nomme *martinet*.

Les uns et les autres sont montés d'une manière analogue, ainsi qu'il est expliqué par la description de la planche ci-dessus. Ils sont à *bascule*, c'est-à-dire qu'ils sont mis en mouvement par des comes qui agissent sur la *queue* du manche, c'est-à-dire sur l'extrémité opposée à la tête du marteau ou du martinet. Le mouvement de rotation s'exécute autour d'un pivot, formé par une espèce d'anneau qu'on nomme *bogue*, et qui est placé aux deux tiers de la longueur du manche, du côté de la queue.

On donne aux manches de marteaux 4^m à 4^m50 de longueur; leur diamètre moyen varie de 0^m50 à 0^m55. Ils sont ordinairement en hêtre, mais on se sert aussi de chêne. Dans tout les cas on laisse le bois en grume, c'est-à-dire sans l'équarrir, et on se borne à le dresser un peu et à enlever les nœuds protubérans.

Les marteaux se font en fonte ou en fer, et leur poids varie de 500 à 550 kilogrammes. Lorsqu'ils sont en fonte, la *panne* ou partie percutante est quelquefois en fer, et s'ajuste comme l'indique la fig. 6, Pl. 5.

L'*enclume* ou la pièce qui reçoit le choc de la panne doit être de même métal que cette dernière. Lorsqu'elle est en fer, tantôt elle est encastrée dans une pièce de fonte que l'on nomme *chabotte*, et alors son poids n'est que de 40 à 45 kil.; tantôt elle repose immédiatement sur une forte pièce de bois de bout, nommée *stoc*, comme dans les marteaux de forges à l'allemande, et dans ce cas son poids varie de 200 à 250 kil. Ces poids et cette dernière disposition s'appliquent aussi aux enclumes en fonte.

Les roues hydrauliques qui mettent les marteaux en mouvement sont toutes construites comme l'indiquent les Planches 2 et 3. Elles ont de 3^m à 5^m50 de diamètre extérieur, sur 0^m52 de largeur, et leur vitesse est au maximum de 25 à 30 tours par minute. L'arbre porte 4 cames, en sorte que le nombre de coups de marteau est au plus de 120 par minute.

Les martinets sont montés, soit comme le marteau représenté Pl. 3, sauf que l'enclume repose sur un *stoc*; soit comme les martinets des forges à l'allemaude. (Voir la description de ces derniers.)

Le manche a ordinairement 3^m de longueur.

Le marteau est en fer, et pèse 75 à 80 kil.; l'enclume est aussi en fer, et pèse 50 à 60 kilo.

Les roues hydrauliques des martinets n'ont que 2^m à 2^m 50 de diamètre, sur 0^m32 de largeur, et font 30 à 33 tours par minute. L'arbre portant 6 cames, le nombre de levées du marteau varie ainsi de 180 à 200 coups par minute.

TRAVAIL DU FER.

Le nombre d'ouvriers nécessaires pour desservir un feu catalan varie suivant sa grandeur et selon les localités. Il en faut huit au plus; un maître ouvrier nommé *foyer*, chargé spécialement de la construction et de l'arrangement du fourneau, deux *escolas* ou fondeurs; un marteleur appelé *maillet*; deux casseurs ou *piquemes*, et deux *miaillous* ou aide-fondeurs, qu'on nomme aussi *valets d'escolas*.

Dans la plupart des usines on n'emploie pas d'aide-fondeurs; de plus, dans un grand nombre de petites forges, le *foyer* est remplacé par un des fondeurs, et l'on supprime un des piquemes, en sorte que le service est fait par quatre ouvriers seulement.

Fondage. Le fourneau étant disposé, on sèche et on échauffe d'abord le creuset pendant 4 ou 5 heures en y allumant du charbon, dont on le remplit successivement jusqu'aux deux tiers environ.

Cela fait, on relève le charbon contre la varme de manière qu'il recouvre le bout de la tuyère de 25 à 30 centimètres, en formant un plan fortement incliné vers le contrevent, et on le tasse avec une pelle. On verse alors à peu près les trois quarts de la charge de minerai près du contrevent, et on l'y entasse fortement en formant un plan qui incline du côté de la varme et s'avance jusqu'aux deux tiers de la largeur du creuset, ou tout au plus jusqu'au-dessus du bout de la tuyère. On charge surtout dans la direction

du vent où a lieu la plus forte chaleur, et l'on garnit de fraîsil humecté les angles opposés à la varme. Alors on remplit le fourneau de charbon jusqu'à ce qu'il soit comble; on bouche le laitierol avec de la terre ou du fraîsil mouillé, et on donne le vent.

Sur la charge de charbon on jette de la *greillade*, qui entre la première en fusion, et à mesure que le charbon se consume on en ajoute de nouveau, de manière que le fourneau soit toujours comble; en même temps on ajoute successivement le reste du minerai.

Le vent, faible pendant la première demi-heure est augmenté peu à peu de manière à échauffer tout le minerai et à en opérer la réduction. Il ne doit atteindre toute sa force qu'après deux heures environ.

Pendant le travail de réduction, l'escolas arrose fréquemment le dessus du charbon pour éviter qu'il se consume inutilement et pour concentrer la chaleur; il jette par intervalle de la greillade au-dessus du bout de la tuyère; sonde le fond du creuset pour reconnaître le fer et le laitier qui se sont formés; enfonce un ringard aplati entre le contrevent et le tas de minerai pour rapprocher ce dernier du courant d'air; veille à ce que la tuyère ne s'engorge pas, et de quart d'heure en quart d'heure environ, perce le laitierol pour faire écouler le laitier lorsqu'il commence à s'élever au-dessus de l'orifice de la tuyère.

Au bout de deux heures, l'escolas pousse le travail avec activité de manière à accélérer la fusion. Il divise le minerai et le ramène sans cesse au-dessus du vent; il plonge son ringard au fond du creuset pour réunir le fer qui y est tombé et chasser le laitier, qu'il fait écouler à peu près tous les cinq minutes.

Le laitier doit toujours recouvrir le fer afin qu'il ne brûle pas, et ne doit être ni trop épais ni trop liquide. Trop épais, il empêche le fer de se réunir; trop liquide, il ne le protège pas assez contre l'action du vent. Lorsque le laitier est trop épais, l'ouvrier écarte le charbon au-dessus de la tuyère, et y projette une ou deux poignées de fondant ou de greillade. S'il est trop liquide, il ne jette pas de fondant et bouche le laitierol en tout ou en partie afin que le fer ne soit pas mis à nu. Dans tous les cas, il a soin de dégager la tuyère.

Après trois heures environ, tout le minerai est fondu, l'escolas perce le charbon en différens endroits pour faire tomber le métal qu'il peut retenir, après quoi il s'occupe à former le *masset*, c'est-à-dire à rassembler de toute part le fer dans le fond du creuset, pour le souder et en faire une

espèce de boule à laquelle il donne de la consistance en la pressant avec un ringard aplati à son extrémité.

Au bout de quatre heures au plus, la fonte est finie, et l'on tire le masset. Pour cela, on le découvre en relevant à la pelle tout le charbon sur l'âtre de la rustine ou du contrevent, on y enfonce un ringard pour le soulever, on l'arrache avec une tenaille et un crochet, et on le pousse sous le marteau. Pendant ce temps on jette de l'eau en abondance soit sur le charbon, soit dans le creuset.

Aussitôt le masset enlevé, un ouvrier nettoie le fourneau, jette hors le laitier refroidi, remet dans le creuset le charbon embrasé et en ajoute de nouveau pour recommencer immédiatement le fondage comme précédemment.

Martelage ou cinglage. Le masset étant sous le marteau, le martelcur, au moyen de la tenaille, le présente à son action en le tournant en différents sens, et en le dressant pour faire rentrer les bavures. Le marteau frappe d'abord lentement pour rassembler le fer et en exprimer le laitier; puis on lui donne plus de vitesse pour forger le masset et lui donner la forme d'un prisme carré ayant 40 à 45 centimètres de longueur sur 12 à 15 de côté. Cela fait, on place entre le marteau et le masset un gros ciseau pour le couper en deux, et ensuite on allonge un peu les deux moitiés qui prennent le nom de *massoques*.

On les place alors au-dessus de la tuyère près de la varme, on les couvre de charbon, et on les laisse chauffer pendant un quart d'heure. On enlève ensuite celle qui est le plus près du bout de la tuyère, on la porte sous le marteau pour étirer une de ses extrémités et on la reporte sous le foyer pour chauffer l'autre. On opère de même sur la seconde massoque, puis on achève successivement l'étirage en barres.

Lorsqu'on veut fabriquer du fer de plus petit échantillon que celui qu'on peut obtenir sous le marteau, on recoupe les massoques en plusieurs morceaux qu'on nomme *massoquettes* ou *masselettes*, qui ont 15 à 20 centimètres de longueur sur environ 8 d'équarrissage, pour les étirer ensuite au martinet.

Consommations et produits. La charge de minerai grillé pour une opération ou pour un feu, varie de 150 à 200 kil. dans les fourneaux catalans; de 250 à 500 dans les navarrais, et de 350 à 400 dans les biscayens.

Avec ces charges on fait six feux par 24 heures et quelquefois sept, lorsque l'ouvrier est habile.

Dans les fourneaux des Pyrénées-Orientales représentés Pl. 1^{re} fig. 3 à 6, la charge de minerai est plus forte et s'élève en moyenne à 575 kil., mais alors on ne fait que quatre feux par 24 heures.

Avec les premières charges, des minerais dont la teneur à l'essai est moyennement de 36 à 37 pour 100, rendent 33 pour 100 de fer. Avec les charges de 575 kil, des minerais de même richesse ne rendent en moyenne que 31 à 32 pour 100 de fer. Les charges moindres sont donc d'un produit plus avantageux, et cela doit être, parce que l'ouvrier a plus de facilité pour faire réduire tout le minerai.

D'après ces données, les fourneaux catalans produisent 50 à 70 kil. de fer par feu; les navarrais 85 à 110; les biscayens 130 à 150, et ceux des Pyrénées-Orientales 180 à 190. Le travail ne dure que six jours par semaine.

La consommation en combustible est au plus de 3 kil. $\frac{1}{2}$ pour 1 kil. de fer. Dans beaucoup d'usines, elle n'est moyennement que de 3 kil., et d'après un relevé exact d'un roulement d'une année à la forge de Ria, cette consommation n'a été que de 2⁸/₁₀. Il paraîtrait, d'après ce dernier résultat, que les fortes charges en minerai procurent en définitif une économie de combustible; et il est du moins certain que les trop petites charges augmentent beaucoup la consommation; car dans les fourneaux catalans, italiens, où l'on ne traite que 100 à 120 kil. au plus de minerai grillé par opération, on brûle moyennement 5³/₁₀ de charbon pour 1 kil. de fer, et jusqu'à 8⁸/₁₀ y compris le grillage du minerai qui se fait dans le foyer même. Il faut observer cependant que cette énorme consommation tient en partie au peu de profondeur et à la mauvaise disposition du creuset.

Nature de fer. Le fer obtenu par l'affinage immédiat des minerais est toujours de très bonne qualité, mais il est ordinairement dur et acièreux à la surface parce que son contact avec le charbon, pendant qu'on forme le masset, lui fait subir une véritable cémentation. On obvie à cette combinaison du carbone avec le fer, en augmentant la quantité de grillade vers la fin de l'opération, de manière que le masset soit entouré de scories riches en fer, propres à le décarburer, c'est-à-dire à lui enlever le charbon qu'il contient.

Du reste, cette nature acièreuse du fer est un avantage, lorsqu'il est destiné à la fabrication de l'acier ou à celle des instrumens d'agriculture.

Étirage au martinet. Ce travail ne diffère pas essentiellement de celui qui se pratique dans les forges à l'allemande, et dont on trouvera plus loin la description; on se bornera donc ici à en faire connaître les résultats.

Le déchet sur le fer en masselettes, pour obtenir du fer martiné et paré, varie de $\frac{7}{8}$ à 8 pour 100.

La consommation en charbon est moyennement de 50 kil. pour 100 kil. de fer fini.

Deux ouvriers, un chauffeur et un martineur, fabriquent ordinairement 600 kil. de fer dans une journée de 10 heures effectives de travail.

Observations. Plusieurs essais ont été faits pour substituer le coke au charbon de bois dans les foyers catalans, mais jusqu'à présent sans succès, soit à cause de la nature de ce combustible, soit parce que les machines soufflantes sont trop faibles pour activer sa combustion.

Tout récemment, M. Richard, ingénieur civil, a essayé d'appliquer l'air chaud à l'affinage immédiat des minerais; les premières expériences, sans être encore décisives, semblent cependant promettre assez d'avantages pour engager à poursuivre les essais, dont M. Richard se propose de publier les résultats.

Il serait intéressant de reprendre les essais au coke avec l'air chaud, en faisant usage d'une forte trompe; c'est peut-être le seul moyen de tirer un parti avantageux de ce combustible dans les foyers catalans, si toutefois ses cendres n'occasionnent pas de trop forts déchets.

SECTION II.

AFFINAGE DE LA FONTE AU CHARBON DE BOIS.

DISPOSITIONS DES FORGES A L'ALLEMANDE.

On comprend, sous la dénomination de forges à l'allemande, toutes les usines dans lesquelles on fabrique le fer au charbon de bois, et au moyen de marteaux.

Quoique les procédés employés ne soient pas partout les mêmes, ces usines ne diffèrent pas essentiellement dans leur composition; mais leur disposition générale peut varier beaucoup, selon l'emplacement dont on dispose, la chute, le volume et le mode de distribution des eaux motrices.

Les dimensions des halles ou bâtimens de forges dépendent du nombre

de foyers et de machines qu'on veut y réunir; leur forme dépend surtout de la manière dont les eaux peuvent être distribuées.

Rarement on place dans une même halle plus de deux foyers ou feux, avec deux marteaux et une machine soufflante. Dans le cas où les eaux arrivent d'un seul côté de la halle, les marteaux et la machine soufflante sont placés de ce côté, et l'on donne au bâtiment la forme d'un rectangle allongé, dont les dimensions peuvent varier, de 20 à 24^m de longueur, sur 9 à 11^m en largeur. La Planche 4 offre un exemple de cette disposition.

Dans le cas où les eaux se distribuent des deux côtés de la halle, on lui donne une forme presque carrée, présentant une longueur de 14 à 16^m, sur 13 à 14^m de largeur. Les marteaux occupent alors deux angles opposés diagonalement, et les feux sont placés aux autres angles.

La machine soufflante doit être placée de manière à ne pas gêner le service de l'usine.

Lorsqu'on fait usage de soufflets, ce qui n'a plus lieu que dans les anciennes usines, chaque foyer a sa soufflerie séparée, mue par une roue hydraulique.

Chaque feu A, Pl. 4, fig. 2 et 4, avec ses accessoires, exige un emplacement de 2^m50 à 3^m de côté, et l'on doit laisser autour de la tête de chaque marteau un espace libre de 4 à 5^m de rayon. Dans le sens de la longueur du manche des marteaux, cet espace doit être porté jusqu'à 6^m, afin qu'on puisse manœuvrer les longues barres soumises à l'étirage.

L'eau est le moteur qui convient le mieux aux dispositions qu'exigent les forges à l'allemande, et il y est aussi le seul employé. On la réunit dans un grand bassin, d'où elle est conduite sur les roues hydrauliques par des biefs ou canaux, en bois ou en maçonnerie, couverts ou découverts, selon qu'il y a convenance ou économie.

Le devant des feux doit être garni de plaques de fonte placées sur le sol; et entre chaque feu et le marteau, on établit aussi une ligne de plaques B, B, sur lesquelles on traîne les masses de fer sortant des foyers, et que l'on nomme plaques de *trainage*.

Ordinairement les petits marteaux ou *martinets* destinés à la fabrication des fers de petit échantillon, sont placés dans une usine séparée, qui prend le nom de *martinet*, et qui renferme les foyers nécessaires avec leurs machines soufflantes. La disposition de ces usines est analogue à celle des forges; mais les martinets occupant moins d'espace que les marteaux, on établit assez souvent des batteries de deux ou trois martinets, selon leur grandeur,

sur un même arbre de roue hydraulique. L'espace nécessaire aux foyers est à peu près le même que pour les feux de forge; la distance entre deux martinets placés parallèlement l'un à côté de l'autre doit être de 3^m environ de manche à manche, et il faut conserver autour des marteaux le même espace libre que pour les marteaux de forge.

Dans quelques usines, on place un martinet dans la halle de forge, sur l'un des arbres qui font mouvoir les gros marteaux. Cette disposition est économique, et permet de fabriquer dans la forge même du fer de plus petit échantillon, sans employer un foyer particulier. Telle est la disposition existante dans l'une des usines de Jeand'heurs (Meuse), représentée par la Pl. 4.

La description de cette Planche indique les détails divers de la disposition de l'usine.

La charbonnière ou halle à charbon peut être contiguë à la forge; mais il est toujours préférable qu'elle en soit séparée, pour éviter les accidens, en se conformant autant que possible aux dispositions indiquées dans la première Partie (première section, Combustibles).

DES FOYERS.

Les foyers ou feux employés pour le travail du fer, dans les forges à l'allemande, sont les *renardières*, les *affineries* et les *chaufferies*.

On donne le nom de renardières aux foyers qui servent en même temps à affiner la fonte ou la gueuse, et à chauffer le fer pour l'étirer sous les marteaux; il s'applique ordinairement aux feux d'affinerie à l'allemande. Lorsqu'on affine séparément la gueuse dans un fourneau, et que l'on chauffe le fer qui en provient dans un autre fourneau, le premier se nomme *affinerie*, et le second *chaufferie*. L'emploi simultané de ces deux espèces de foyers appartient surtout à la méthode wallonne.

Tous ces foyers s'établissent sous de vastes cheminées, soutenues par un mur CC, et par de forts piliers en fonte ou en pierre D, D, comme l'indiquent les Pl. 5 et 6. Leur fondation doit être établie sur un terrain assez solide pour supporter la cheminée, à défaut de quoi il faut employer des pilotis ou un grillage.

Entre les piliers et le mur, la cheminée est élevée sur de fortes plaques en fonte H et H', que l'on nomme *marâtres*. On la construit en briques ou en pierres, en lui donnant une hauteur qui varie de 8 à 12^m. Il est

bon de lui donner une assez grande élévation et une largeur assez considérable, pour que les étincelles soient moins facilement entraînées par le courant d'air chaud.

L'aire des foyers, ou l'espace intérieur compris entre le mur et les piliers, ne doit pas avoir moins de 1^m90 de longueur, sur 1^m20 de largeur, pour que l'on puisse travailler avec facilité. Le plus ordinairement, afin d'avoir plus d'emplacement pour la fonte, le charbon, et pour le service des feux d'affinerie, on donne à l'aire de 2^m à 2^m30 de longueur, sur 1^m60 à 2^m de largeur, en sorte que la base de la cheminée est presque carrée. Pour les chaufferies, un moindre espace est nécessaire, et l'on peut sans inconvénient le réduire aux plus petites dimensions des affineries.

Dispositions et dimensions des feux d'affinerie.

Les dispositions des renardières et des affineries n'offrent pas de différence importante. Le creuset dans lequel s'opère l'affinage est placé à l'un des angles antérieurs de l'aire, et construit avec des plaques de fonte, que l'on nomme *taques*, dont une pour le fond, et quatre pour les côtés; ces plaques ont 5 à 6 centimètres d'épaisseur. Sur l'un des côtés latéraux est placée une tuyère *t*, Pl. 5, fig. 1 à 4, par laquelle arrive le vent nécessaire au travail.

La taque du fond *f* se nomme *fond* ou *sole*; la taque *v*, qui est au-dessous de la tuyère, s'appelle *varme*; celle qui lui est opposée, *c*, *contre-vent*; celle de devant, *l*, *laiterol* ou *chio*, et celle de derrière, *r*, *haire* ou *rustine*. Le laitierol est percé d'un ou plusieurs trous *o*, de 3 centimètres de diamètre environ, appelés aussi *chios*, pour donner issue aux scories liquides.

Sur le devant du creuset, on met une plaque *a b* pour servir d'appui aux outils, et retenir les matières qui remplissent et surmontent le creuset. On y adapte assez ordinairement une fourchette *m*, fig. 4, pour nettoyer les ringards qu'on a plongés dans le creuset. Cette plaque est supportée par d'autres *d*, *d*, qui maintiennent en même temps le laitierol. Une ou plusieurs plaques *q q* garnissent le devant du foyer, et se joignent aux plaques de trainage. Du côté du contre-vent sont placées des plaques ou des espèces de caisses en fonte *k*, *k*, pour recevoir le charbon. Du même côté, en dedans ou en dehors de l'aire, selon l'espace, est une bêche à eau *B*, *B*, pour rafraîchir les outils.

Dans les forges de France, le mur qui forme le côté de l'aire parallèle à la rustine est percé d'une ouverture N, par laquelle on introduit la gueuse; mais dans la majeure partie des usines d'Allemagne, la gueuse est placée vis-à-vis la tuyère, et dans la même direction, ce qui dispense du passage N, et modifie un peu la disposition du foyer, mais non celle du creuset.

Quelquefois la sole s'échauffe, rougit, et le fer s'y attache fortement. Pour obvier à cet inconvénient, on établit sous cette taque une espèce de petit bassin muré ou en fonte, dans lequel on fait arriver de l'eau par un tuyau, pour rafraîchir le fond au besoin. Cette disposition se rencontre rarement, et n'est pas nécessaire, pour peu que l'ouvrier affineur soit attentif à son travail.

Les dimensions du creuset, des renardières et affineries, diffèrent beaucoup dans les diverses localités, principalement pour la longueur, qui se mesure du laitierol à la rustine, et pour la largeur, qui se prend de la varme au contre-vent. Ces variations ne présentent aucun inconvénient, parce que l'intérieur du feu est garni de fraïsil. L'essentiel est que la distance du laitierol à la rustine soit toujours plus grande que l'autre, afin de faciliter le travail.

Quant à la profondeur, qui se mesure de la sole au bord supérieur de la varme, elle dépend surtout de l'espèce de fonte à affiner, et, en général, doit être plus grande pour les fontes blanches que pour les fontes grises.

La position du fond est ordinairement horizontale; mais si la fonte est grise et difficile à convertir en fer, il est avantageux de lui donner une légère pente du contre-vent à la tuyère. Si, au contraire, la fonte se coagule avant son complet affinage, on baisse un peu la sole près du contre-vent, ainsi qu'on le pratique dans les usines de France où les feux sont montés à la champenoise. Cette dernière disposition doit, en général, être évitée, parce qu'elle nuit à l'affinage et à la qualité du fer.

Le laitierol est vertical, mais la rustine et le contre-vent penchent en dehors, afin qu'on ait plus de facilité pour faire sortir du creuset la masse de fonte affinée ou *loupe*. Cependant, dans plusieurs localités, on se contente d'incliner le contre-vent en laissant la rustine verticale.

La varme doit incliner un peu vers l'intérieur du creuset; par là, on empêche cette plaque de s'échauffer trop promptement. On porte la chaleur près du contre-vent, où l'affinage est moins prompt que du côté de la varme, et l'on active ainsi l'opération; enfin on rend plus facile la position inclinée

de la tuyère en favorisant sa stabilité, et l'on n'a pas besoin de l'avancer autant dans le creuset, ce qui gêne toujours pour le travail et pour faire sortir la loupe.

Le vent doit toujours plonger dans le creuset, ce que l'on obtient en inclinant plus ou moins la tuyère vers le fond; par là, on empêche le métal de se coaguler trop promptement. L'inclinaison de la tuyère doit être proportionnée à la profondeur du creuset, et doit être plus grande pour la fonte blanche que pour la grise.

On fait les tuyères en cuivre rouge, afin de pouvoir plus facilement augmenter ou diminuer l'ouverture, que l'on nomme *bouche* ou *ail*, par laquelle le vent s'échappe dans le creuset, et pour qu'elles résistent mieux à l'action de la chaleur. L'œil de la tuyère est demi-circulaire, et doit être plus petit pour l'affinage de la fonte blanche que pour celui de la fonte grise; sa partie inférieure est plane, afin de reposer d'une manière plus stable sur la varme.

La tuyère, étant posée sous l'inclinaison convenable à la nature de la fonte, est consolidée par des coins, et murée avec des morceaux de briques.

On se sert habituellement d'une seule buse, dont l'orifice est de même section ou d'une section un peu plus petite que celle de l'œil de la tuyère; on l'engage dans le pavillon jusqu'à 8 ou 9 centimètres en arrière de l'œil, afin que l'air rafraîchisse le museau ou la partie de la tuyère qui est dans le feu, et l'empêche de fondre. La buse et la tuyère doivent avoir le même axe, afin que le vent soit bien dirigé sur la gueuse, et ne s'éparpille pas dans le creuset. L'emploi de deux buses dans une même tuyère, ou dans deux tuyères, donne lieu à ce dernier inconvénient: aussi les essais faits avec ces dispositions n'ont-ils pas réussi.

Les feux d'affinerie des usines allemandes sont en général plus grands que ceux des usines françaises; ces plus grandes dimensions augmentent un peu la consommation de charbon, mais paraissent donner de meilleur fer, sans augmentation dans les déchets. Du reste, les dimensions adoptées présentent, dans ces deux pays, des différences assez sensibles dans toutes les parties des fourneaux, pour une même nature de fonte; ce qui semble prouver que ces dimensions, entre certaines limites, n'ont pas sur l'affinage une influence aussi grande qu'on le croit généralement.

Les plus grandes largeurs et les moindres profondeurs s'appliquent aux

fontes les plus grises; l'inverse a lieu pour les fontes blanches, et les dimensions moyennes sont employées pour les fontes truitées ou mêlées.

On a réuni dans le tableau suivant les données nécessaires à l'établissement des feux d'affinerie dans les usines allemandes et françaises. Toutes les mesures sont en millimètres.

DÉSIGNATION DES PARTIES.	FEUX D'AFFINERIE			
	ALLEMANDE.		FRANÇAIS.	
	mm.	mm.	mm.	mm.
Longueur de l'aire.....	1,880 à 2,100		2,000 à 2,300	
Largeur de l'aire.....	940	1,200	1,500	2,000
Hauteur de l'aire au-dessus du sol.....	320	380	280	350
Longueur du feu ou creuset.....	750	840	600	700
Largeur du feu	630	680	480	550
} au fond du creuset.....	575	630	430	490
} en dessus du creuset.....	180	210	190	220
Hauteur du creuset	210	220	230	250
} pour fontes grises.....	230	240	245	270
} pour fontes mêlées ou truitées..	40	45	30	35
Pente du coteur-vent sur la hauteur du creuset.....	50	60	45	65
Pente de la varme en dedans.....	25	30	15	20
Pente de la sole vers la varme pour fontes grises....				
Tuyères demi-circulaires	46	29	42	31
} pour fontes blanches. { largeur.....	52		45	50
} pour fontes grises... { largeur.....	33		31	37
} pour fontes blanches. { hauteur.....	65	95	70	110
} pour fontes grises... { hauteur.....	230	250	190	220
Distance de la buse au bout du museau de la tuyère..	78	92	90	100
Distance de la tuyère à la rustine.....				
Saillie du museau dans le creuset.....				
Inclinaison des tuyères	5 degrés.	7 $\frac{1}{2}$	5 à 6 degr.	8 à 9
} pour fonte grise.....	10		11 à 12	
} pour fonte mêlée.....				
} pour fonte blanche.....				

Ce tableau présente, en quelque sorte, un résumé numérique des principales règles à suivre pour la construction des feux; mais dans quelques cas, très rares il est vrai, ces règles admettent des exceptions. C'est ainsi que lorsqu'on affine de très bonnes fontes grises, on accélère l'opération en employant un vent rasant ou presque horizontal, avec un foyer de 18 centimètres de profondeur; que ce même vent rasant convient encore aux fontes blanches très pures, affinées dans un feu de 23 à 24 centimètres

de profondeur. Il en résulte économie de main-d'œuvre et de charbon ; mais on s'expose à avoir de mauvais fer et beaucoup de déchets, pour peu que l'affineur ne conduise pas son travail avec attention, ou que la fonte ne soit pas de la meilleure qualité.

Il est essentiel que les plaques qui forment le creuset soient assujetties très solidement entre elles, afin de ne pas se déranger pendant le travail. Celles du pourtour sont maintenues par des cales, et appuyées contre les terres ou la maçonnerie qui forment l'entourage du creuset. La plaque du fond est entourée par les autres, et placée sur une couche d'argile : on peut ainsi la hausser ou la baisser à volonté. Elle doit joindre exactement contre la varine et la rustine; sur les autres côtés, un peu de déjoint n'est pas nuisible. Toutes les fentes doivent être bien bouchées avec de l'argile.

La Pl. 5 et sa description font connaître tous les détails de construction d'un feu d'affinerie.

Dispositions et dimensions des chaufferies.

Dans les usines où l'on chauffe le fer dans un foyer séparé, après l'affinage, ce foyer ou la chaufferie n'est ordinairement qu'une espèce de renardière, comme l'indique la Pl. 6. Il diffère des affineries en ce que la profondeur du creuset reste constante; que la tuyère est à peu près horizontale, et élevée de 10 à 12 centimètres seulement au-dessus du fond du creuset. Ce dernier est toujours composé de plaques de fonte, dont la dénomination est la même que pour les affineries; on lui donne 18 à 20 centimètres de profondeur au-dessous de la plaque qui recouvre le laitierol, 60 à 70 centimètres de longueur, et 55 à 60 de largeur. La rustine et le contre-vent sont plus élevés, afin de contenir le combustible.

Les chaufferies n'ont qu'une tuyère; mais souvent on y emploie deux buses, ce qui n'offre ici aucun inconvénient, parce qu'on n'a pas pour but de porter la chaleur principalement sur un point.

Dans beaucoup d'usines, les chaufferies ont leur creuset entièrement découvert, et les masses ou lopins de fer sont placés dessus et dans le charbon. Dans d'autres, on place en travers du creuset des chenets en fer *h*, *h*, sur lesquels on place un certain nombre de lopins qui commencent à s'échauffer, pendant qu'on travaille ceux qui ont été placés dans le foyer. Cette disposition économise le combustible et accélère un peu le travail.

Les chaufferies n'ont d'utilité dans les forges à l'allemande qu'autant que

l'on y fabrique beaucoup de fers de petit échantillon ; elles accompagnent ordinairement les martinets. Là où l'on ne fait que du gros fer en barres, il est beaucoup plus économique de chauffer le fer dans le feu d'affinerie même, pendant que la fonte est mise en liquéfaction.

DES MARTEAUX ET MARTINETS.

On fait usage dans les forges à l'allemande de deux espèces de machines de percussion ; les *marteaux*, Pl. 7 à 9, et les *martinets*, Pl. 10 et 11. Les premiers servent à comprimer le fer au sortir des feux d'affinerie, et à l'étirer en gros échantillons ; les seconds, beaucoup plus petits, servent uniquement à réduire le fer en *barres de petites dimensions*.

Les uns et les autres sont mis en mouvement par une roue hydraulique dont l'arbre porte une bague en fonte garnie de cames. La manière dont ces cames saisissent le manche des marteaux détermine le nom que l'on donne à ces derniers. On les nomme marteaux à *soulèvement*, lorsque les cames agissent entre le point de rotation du manche et le marteau ; marteaux à *bascule*, lorsque les cames agissent sur la queue du manche.

On ne fait usage, dans les forges à l'allemande, que des marteaux à soulèvement. Ils sont soutenus par une forte charpente que l'on nomme *ordon*, dont les parties principales sont : les *jambes* J, J, qui soutiennent l'anneau à tourillons H dans lequel passe le manche, et que l'on nomme *bogue* ou *hurasse*. C'est sur les pivots de cet anneau que s'exécute le mouvement de rotation du marteau. Le *court-carreau* C, C, et la *longue attache* A, A, solidement assemblés avec la charpente inférieure, et qui reçoivent, d'une part le *drôme* D dans les entailles duquel se loge le haut des jambes ; d'autre part, le *rabat* R, destiné à arrêter la levée du marteau et à le renvoyer avec force sur l'enclume E.

Dans les anciennes usines, le drôme se prolonge dans l'usine, jusqu'à 3 mètres environ de la tête du marteau, et s'appuie sur un fort poteau. Cette disposition qui avait pour but de faire peser le drôme sur le court-carreau et les jambes, afin de donner plus de solidité au système, est aujourd'hui abandonnée parce qu'elle est trop gênante, et l'on a adopté généralement l'ordon à *drôme coupé*, tel qu'il est représenté par la Pl. 7, fig. 1 et 2. Pour les détails de construction et de nomenclature de ces ordons, nous renvoyons aux Pl. 7 et 8, et à leurs descriptions.

La construction des ordons à drôme exige beaucoup de bois, beaucoup

d'emplacement, et ne présente pas toute la solidité désirable. En vue d'économie et d'amélioration, on a successivement fait différens essais pour changer ce système, et l'on construit aujourd'hui des ordons à jambes en fonte, qui paraissent très bien remplir le but qu'on s'est proposé. Cette nouvelle disposition a permis en outre de simplifier la charpente de fondation. Les Pl. 8 et 9, et leurs descriptions, font connaître avec détail ce genre d'ordon, qui est déjà introduit dans plusieurs usines de France.

Dans quelque système que ce soit, l'enclume doit avoir une position très solide. On la place sur un billot de 1^m80 à 2^m50 de longueur, et de 1^m à 1^m25 de diamètre. Ce billot, qu'on nomme *stoc*, doit reposer sur un terrain ferme, ou à défaut sur un bon grillage, et il est maintenu par des cadres entourés de terre bien battue ou de maçonnerie. Dans tous les cas, le *stoc* ne doit pas être solidaire avec la charpente de fondation, afin que le choc du marteau ne désunisse pas les assemblages.

Assez souvent on place sur le *stoc* une forte pièce en fonte que l'on nomme *chabotte*, et c'est dans cette chabotte que l'on place l'enclume, en l'y fixant au moyen de coins en fer. On voit des exemples de cette disposition dans les Pl. 10 et 11, relatives aux martinets.

Le marteau et l'enclume des ordons sont ordinairement en fonte, et alors on a soin de donner une espèce de trempe à la *panne* du marteau ainsi qu'à l'*aire* ou *table* de l'enclume.

Ces parties, qui ont 10 à 11 centimètres de largeur sur 30 à 35 de longueur doivent être parfaitement planes et coïncider dans toute leur étendue.

Dans les forges françaises les marteaux pèsent souvent de 500 à 550 kilogrammes, et frappent de 75 à 80 coups par minute. Ce poids est trop considérable et ne doit être adopté que dans les usines où l'on n'a qu'un seul marteau pour desservir deux feux d'affinerie. Il oblige à faire confectionner dans des usines particulières des échantillons de fer que l'on pourrait fabriquer dans la grande forge, si le marteau était moins pesant. Dans les forges allemandes, les marteaux ne pèsent que de 175 à 200 kilog. et on leur fait frapper de 90 à 100 coups par minute.

La *volée* ou *levée* de nos marteaux n'excède pas ordinairement 55 centimètres, tandis qu'en Allemagne on la porte jusqu'à 70 et 75 centimètres. On regagne ainsi par la chute et la vitesse ce que l'on perd par la masse, et le travail marche avec plus de rapidité et d'économie.

Du reste le poids et la vitesse des marteaux doit varier selon la nature des fers que l'on a à travailler, et selon leur échantillon. Des fers forts exi-

gent des marteaux plus lourds que des fers tendres, et il faut donner d'autant plus de vitesse que les échantillons sont plus petits ou de moindre épaisseur, afin d'éviter des chaudes trop fréquentes.

Il est avantageux de donner beaucoup de poids aux enclumes, parce que la percussion en a plus d'effet. Ce poids doit être à peu près double de celui des marteaux, lorsqu'on ne fait pas usage de chabotte. En se servant de chabotte, il peut être à peu près le même que celui des marteaux.

Dans tous les cas, le marteau et l'enclume doivent être de même matière, afin de résister également à la percussion.

Les marteaux à soulèvement doivent être mus par cinq comes au moins, afin que la charge soit répartie plus également sur la roue hydraulique. Il est rare, du reste, qu'on en emploie un plus grand nombre. Un seul marteau peut desservir deux renardières.

Les petits marteaux que l'on nomme *martinets* ou *macas*, étant destinés à forger des fers de faibles dimensions, doivent être animés d'une grande vitesse, et par cette raison doivent être à bascule et non à soulèvement.

Leurs ordons ne se composent, pour ainsi dire, que de deux montans ou poteaux, Pl. 10, assemblés dans des semelles, et consolidés par des moises ou traverses. On doit pouvoir y fixer solidement les crapaudines, et pouvoir les changer avec facilité. On satisfait à ces conditions, soit en plaçant les crapaudines sur des cales, comme on le voit *fig. 3*, ou en les logeant dans des jambes ou leviers mobiles en fonte, *fig. 12*.

On remplace aussi les poteaux en bois par des poteaux en fonte, ou par une cage de même métal, comme l'indique la Pl. 11.

Le manche des martinets se fait en bois de hêtre ou de charme, est ajusté dans une hurasse, et a de 3^m30 à 4^m de longueur. Pour les très petits martinets, on le confectionne quelquefois en fer forgé.

Le manche est partagé par la hurasse en deux parties, de manière que la petite branche ou queue ait au plus le tiers de la longueur totale. Souvent on ne lui donne que le quart, et lorsqu'on veut obtenir une très grande vitesse, on la réduit quelquefois au sixième de la longueur du manche. Ces dernières proportions ne se rencontrent guère que dans les martinets de platineries pour les plus petits fers.

Afin de limiter la course de la queue, ainsi que la volée du martinet, et de donner plus de force au coup, on place sous l'extrémité de la queue une espèce de ressort composé d'une pièce de bois couverte d'une plaque de fonte ou de fer.

Les marteaux sont de formes différentes, selon leur grosseur et les usages auxquels on les destine. Les plus gros peuvent être faits en fonte; les autres doivent être en fer, avec la panne acérée. Il en est de même de l'enclume, qui presque toujours est placée dans une chabotte.

Lorsqu'on doit fabriquer dans une même usine beaucoup d'échantillons différens, tels que de petites barres plus ou moins larges, des fers ronds, demi-ronds ou profilés, on dispose les marteaux et enclumes de manière que les pannes et aires soient mobiles, et puissent être changées facilement. Dans ce cas, le marteau est ordinairement en fer, l'enclume en fonte, et la panne du marteau, ainsi que l'aire de l'enclume, sont en acier ou acérées, et dressées à la lime, et mieux à la meule. La Pl. II représente un martinet ainsi disposé.

Les pannes de marteaux et les aires ou tables d'enclumes employées pour forger les fers plats et carrés ont ordinairement la forme rectangulaire, de 4 à 8 centimètres de largeur sur 25 à 35 de longueur. Leur longueur est placée dans le sens du manche, et on leur donne de l'inclinaison à l'arrière pour que l'ouvrier puisse présenter les barres plus facilement. Telle est la disposition représentée *fig. 1*, Pl. 10.

Dans ce cas, le marteleur est obligé de tourner autour du marteau pour présenter le fer perpendiculairement à la panne, lorsqu'il veut l'étirer. Pour obvier à cet inconvénient, on a adopté dans plusieurs usines une forme d'aire et de panne imitée des gros marteaux anglais; cette forme est celle d'une croix ou d'un T en relief, *fig. 11*, de manière que, sans changer de place, l'ouvrier peut étirer et forger le fer. Il peut alors travailler sur un banc mobile à suspension comme l'indiquent les *fig. 11* et 12.

Les pannes et aires de martinets employés pour faire du fer crénelé, sont de forme cylindrique.

Pour faire facilement coïncider la panne avec la table, sans donner une position sensiblement oblique à la hurasse, il est bon que les tourillons de cette dernière soient assez allongés.

Le poids et la vitesse des marteaux varient suivant la grosseur des fers à étirer. Le poids diminue et la vitesse augmente à mesure que les fers sont plus petits ou plus minces.

Pour le fer martinet, rond, de 9 à 15 lignes, ou en barres plates de 9 à 15 lignes sur 2 à 3 d'épaisseur, on emploie des marteaux de 100 à 150 kilogrammes, et on leur imprime une vitesse de 120 à 150 coups par minute.

Le fer en bandelettes, de 7 à 8 lignes de largeur sur 2 à 2 et demi

d'épaisseur, et le fer rond ou carré, de 6 à 8 lignes, se travaillent avantageusement avec des marteaux de 75 à 80 kilog., ayant une vitesse de 200 coups par minute.

Enfin, pour les bandelettes de 5 à 6 lignes sur 2 à 2 et demie d'épaisseur, les petits fers ronds et carrés de 4 à 5 lignes, les verges crénelées, on fait usage de marteaux de 25 à 50 kilog., avec une vitesse de 250 à 300 coups par minute.

Les usines de différentes contrées, et souvent de même contrées, présentent du reste de grandes différences sous le rapport du poids et de la vitesse des marteaux employés aux mêmes usages, et, dans un très grand nombre d'usines à martinets, on ne se sert que de marteaux moyens pour toute espèce de travail. Cependant dans une usine où l'on a une batterie de deux ou trois martinets, il est toujours préférable d'avoir des marteaux de poids différens; le travail en est mieux fait, plus régulier et plus économique.

La volée ou la levée des martinets varie avec leur poids et leur vitesse; plus ils frappent vite et moins on peut leur donner de volée. Pour les marteaux animés de la plus grande vitesse, elle excède rarement 30 centimètres, et ordinairement elle est de 25 à 27 centimètres; pour les vitesses moyennes, elle varie de 32 à 40 centimètres, et on la porte jusqu'à 50 et même 55 centimètres pour les marteaux les plus lourds et qui marchent le moins vite.

Selon la vitesse de rotation de la roue hydraulique, et celle que l'on doit donner aux marteaux, le nombre de cames fixées sur la bague, varie de 8 à 32.

DES MACHINES SOUFFLANTES.

Les machines soufflantes employées dans les forges à l'allemande sont les soufflets en bois et les machines soufflantes à caisses et pistons en bois. Ces dernières machines ont aujourd'hui la préférence sur les soufflets, parce qu'elles exigent moins d'emplacement et de force motrice, qu'elles sont moins dispendieuses dans leur construction et leur entretien, qu'elles donnent plus de vent et marchent avec plus de régularité.

Nous renvoyons, pour la connaissance de ces machines et de leurs effets, à la section de la première partie de cet ouvrage, qui traite des machines soufflantes.

On n'établit ordinairement qu'une seule machine soufflante pour tous les feux d'un même atelier de forge. Chacun doit avoir alors une caisse ou

réservoir d'air, et ses porte-vent pourvus des moyens nécessaires pour modifier la force du vent ou pour l'intercepter en entier.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE.

La fonte est une combinaison du fer avec une certaine quantité de carbone et de flux vitreux ou laitier. Elle contient aussi quelquefois du manganèse, du phosphore et du soufre, selon la nature du minerai dont elle provient ou le procédé par lequel elle a été obtenue (1). L'objet que l'on doit se proposer dans l'affinage des fontes est donc principalement de se débarrasser de ces substances pour obtenir le fer à l'état de pureté.

Le laitier se dégage du fer, en grande partie, pendant la liquéfaction, et ensuite par la percussion ou la compression. Les autres parties étrangères ne peuvent s'en dégager qu'à la faveur d'une haute température, en se combinant soit entre elles, soit avec d'autres substances qu'on leur présente. L'art de l'affineur consiste surtout à opérer cette séparation.

Pour y parvenir, on fait usage de différens agens, savoir :

1°. *l'air atmosphérique*. On le lance dans le creuset au moyen de machines soufflantes, sous une certaine pression, et en quantités qui dépendent de la nature de la fonte à affiner et de la période du travail, ainsi qu'on le verra plus loin. Ce courant d'air effectue la séparation du carbone en le brûlant; mais en même temps il oxide très promptement le métal, à cause de la haute température sous laquelle il faut opérer, et forme de l'oxidule de fer. Si la fonte ne contenait pas de matières étrangères, ou si l'on n'en ajoutait pas, l'oxidation deviendrait complète, et par conséquent on n'obtiendrait pas de fer.

2°. *les scories ou laitiers*. Les scories résultent de la combinaison de l'oxidule de fer avec la silice que contient la fonte, et avec le sable qui souvent la recouvre ou se trouve mêlé dans les charbons. On les distingue en deux espèces : les scories crues ou laitiers pauvres, et les scories douces ou laitiers riches.

(1) L'ancienne théorie admettait, d'après l'opinion de Monge, Vandermonde et Berthollet, que la fonte, et surtout la fonte blanche, contenait aussi de l'oxygène; mais les analyses faites plus récemment prouvent que l'une et l'autre espèce de fonte n'en présentent pas la moindre trace (*Manuel de Karsten*, traduit par Culman, 2^e édition, tome I^{er}, page 140). On comprend ici dans les flux vitreux la silice, qui se rencontre dans presque toutes les fontes, et surtout dans celles qui proviennent des fourneaux à coke.

Les *scories crues* ou *laitiers pauvres* se produisent pendant la fusion de la fonte, et jusqu'à ce que cette fusion soit complète; elles entraînent la plus grande partie de la silice, du phosphore et du manganèse, et ne contiennent que peu d'oxidule de fer, parce que, plus légères que le métal, elles le recouvrent et le protègent contre l'action du vent.

Ces scories sont très liquides dans le creuset, et d'une couleur rouge foncé en sortant du chio; elles se figent promptement au contact de l'air, sont d'un gris noirâtre et d'un aspect métallique après le refroidissement. Accumulées dans le creuset, elles empêchent l'affinage et peuvent nuire à la qualité du fer: on doit donc les faire écouler par la haute percée de la plaque de chio, sans toutefois trop découvrir la fonte. Quelquefois, après le premier travail, le courant d'air les chasse hors du foyer sous forme d'étincelles rouges ou bleuâtres, qui se refroidissent avant d'avoir touché terre.

Les *scories douces* ou *laitiers riches* se forment depuis le moment où le métal commence à passer à l'état de fer ductile, jusqu'à la fin de l'opération. Elles contiennent 80 à 90 pour 100 d'oxidule de fer, sont très lourdes et occupent le fond du creuset, en sorte que, pour les faire écouler, il faut que la percée soit très basse. Elles s'écoulent avec lenteur, et se figent moins vite que les laitiers pauvres. Après le refroidissement, elles ont une couleur gris de fer, sont brillantes et d'un éclat demi-métallique. Pendant le travail, elles sont chassées par le vent sous forme d'étoiles blanches argentines. Étant jetées dans le feu, elles favorisent l'affinage, parce qu'une partie de l'oxidule enlève le carbone de la fonte sans attaquer le métal; de plus, le fer provenant de cet oxidule augmente le produit, ou du moins diminue les déchets dus à l'action du vent.

Les laitiers riches améliorent le fer en le rendant plus doux, et de là leur vient le nom de *scories douces*. Les laitiers pauvres agissant en sens inverse, et conservant au fer une certaine crudité, ont reçu par cette raison le nom de *scories crues*.

Il n'existe pas de limites positives entre ces deux espèces de scories; et pour juger celles qui sont le plus propres à l'affinage, le meilleur moyen est de les réduire en poussière très fine, et d'en observer la couleur. La poussière la plus noire sera la plus riche en oxidule de fer, tandis que la poussière la moins foncée en couleur indiquera la scorie la plus pauvre, et, par-là, moins propre ou même nuisible à l'affinage.

3°. *la sorne*. Elle n'est autre chose qu'une scorie douce durcie, restée

dans le foyer, et dont une partie adhère au fer affiné. Il ne faut pas la confondre avec les scories qu'on détache des plaques du creuset, et auxquelles souvent on donne improprement le nom de sorue, quoiqu'elles soient composées presque entièrement de fraïsil durci et sans aucun usage. La sorue s'emploie comme les scories douces, et agit de la même manière.

4°. *Les battitures.* Cette matière se détache de la loupe pendant qu'on la cingle sous le marteau. C'est un mélange d'oxidule et d'oxide, dont l'affineur se sert pour accélérer l'affinage pendant le travail de la loupe. Ce mélange agit aussi comme les scories douces et la sorue.

5°. *La chaux.* Quoiqu'on n'emploie pas de flux ou fondans dans le travail de l'affinage, cependant la chaux peut servir utilement pour corriger les fers qui contiennent du soufre et du phosphore. Dans ce cas il faut l'ajouter immédiatement après la fusion de la fonte, en proportion qui peut varier de 2 à 10 pour 100. Son addition est encore avantageuse dans le cas où la fonte s'affine difficilement, parce qu'elle accélère sa conversion en fer ductile. Enfin la chaux améliore le fer dans beaucoup de circonstances, et ne paraît jamais nuire à sa qualité.

6°. *L'oxide de fer et l'oxide de manganèse.* Par ce qui précède, on a vu que les scories nécessaires à l'affinage sont toujours formées aux dépens du métal qu'on traite, d'où résulte que ces scories sont très chères par le déchet qu'elles occasionnent. Pour remédier à cet inconvénient on a essayé d'employer certains minerais de fer pour former les laitiers. On a trouvé que les minerais riches et surtout le peroxide de fer, jeté dans le creuset à la proportion de 6 à 8 pour 100, accélèrent l'affinage et diminuaient les déchets. L'oxide de manganèse a donné les mêmes résultats, mais il ne peut être employé avec économie que dans un petit nombre de localités.

7°. *Le sable.* Lorsque la fonte, après avoir été mise en fusion, se fige trop promptement, c'est-à-dire, avant d'avoir changé de nature, on est forcé quelquefois de dissoudre le métal avec du sable. Mais ce procédé, qui annonce toujours une mauvaise manière d'opérer, est très vicieux, parce qu'il retarde l'affinage, rend le fer plus dur et plus aigre, et augmente considérablement le déchet.

8°. *L'eau.* Le principal but que l'on se propose en projetant de l'eau sur le feu, est d'empêcher que le charbon ne se consume en pure perte à la surface. Mais cet arrosage favorise aussi l'affinage lorsqu'il s'opère trop lentement, parce qu'il oxide la surface du métal, et que l'oxide ainsi formé

étant ensuite réduit par le carbone que contient la fonte, une partie de cette dernière passe à l'état de fer ductile, en même temps que le fer de l'oxide qui a agi redevient libre. On ne doit user de ce moyen qu'avec discrétion par ce qu'il peut faire figer le métal trop promptement.

Il résulte de l'examen des divers agens qui concourent à l'affinage, que le échangeant de la fonte en fer ductile ne s'effectue que par l'action de l'oxidule sur le carbone contenu dans la fonte; et que le vent des machines soufflantes, quoique opérant la combustion du carbone, agit principalement pour produire la haute température nécessaire à la fusion, et pour former de l'oxidule à l'aide duquel l'opération se commence et se termine; en outre, qu'il est toujours avantageux d'introduire de l'oxidule dans le foyer, afin de diminuer la quantité de celui qui se formerait aux dépens du métal soumis à l'affinage.

Qualité des charbons.

Les charbons que l'on préfère pour l'affinage sont ceux de bois blanc et de pin Sylvestre, parce qu'on a reconnu qu'ils rendent le fer plus doux et plus tenace.

On doit éviter surtout qu'ils contiennent de la terre ou du sable, et par conséquent il faut autant que possible les rentrer par un temps sec, afin que ces matières se séparent par le transport.

Les charbons que l'on brûle dans les affineries, et particulièrement ceux de bois dur et de pin Sylvestre, ne doivent pas être trop gros, parce que le vent pénétrant par les interstices refroidirait le métal. On les casse ordinairement à la grosseur du poing ou d'un oeuf. Les charbons de sapin, éclatant facilement au feu, n'ont besoin d'être cassés que lorsqu'ils sont trop gros.

Nature des fontes.

La nature des fontes exerce une très grande influence sur la durée et la marche de l'affinage. En général la fonte grise exige une plus haute température pour entrer en fusion, devient plus liquide que la fonte blanche, exige plus de temps et une action plus prolongée de l'air pour passer à l'état de fer. La fonte blanche s'oxide plus promptement, et une fois parvenue à l'état pâteux, ne demande qu'une faible influence de l'air pour acquérir de la malléabilité.

Cette différence paraît surtout dépendre de l'état où se trouve le car-

bone dans la fonte. Dans la fonte blanche, il est entièrement combiné et sa proportion varie de 4,25 à 5,25 pour 100. La fonte grise au contraire ne contient que de 0,58 à 1,05 pour 100 de carbone combiné, et le surplus s'y trouve à l'état de carbone libre ou graphite, dans la proportion de 2,57 à 3,75 pour cent. Ce dernier, étant infusible, retarde la liquéfaction, et comme il faut qu'il passe à un autre état de combinaison, le changement de nature de la fonte en est retardé.

Les difficultés de traiter les fontes grises sont telles, dans certains cas, qu'on est obligé de les blanchir par une opération séparée. Cette préparation est surtout nécessaire pour la fonte grise qui sort des fourneaux à coke, et qui est plus difficile à blanchir que celle obtenue au charbon de bois. Elle est avantageuse en ce qu'elle procure un fer de meilleure qualité.

Toutes les fontes blanches ne présentent pas le même avantage au feu d'affinerie. Si elles sont impures, comme celles des fourneaux à coke ou provenant de minerais limoneux, on ne gagne rien à leur facilité de se convertir en fer, parce qu'il faut retarder ce changement pour que les matières étrangères se séparent, ce qui augmente la dépense et le déchet.

La fonte blanche grenue, toujours plus impure que les autres, est aussi dans le même cas.

La fonte blanche obtenue par surcharge de minerais est la plus pure et la plus facile à affiner. C'est le cas de la majeure partie des fontes blanches qu'on obtient dans les fourneaux au charbon de bois.

La fonte blanche lamelleuse devient très liquide, et se conduit dans les feux d'affinerie à peu près comme la fonte grise; elle ne s'affine pas, à beaucoup près, aussi vite que la fonte grenue.

La fonte boursofflée ou caverneuse, moins riche en carbone que les autres fontes blanches, et qui n'en contient que de 3,50 à 3,65 pour 100, se convertit facilement en fer, mais elle est sujette à engorger le creuset.

Les fontes truitées grises et blanches sont à peu près également difficiles à affiner, mais sont cependant celles qu'il faut produire de préférence dans les fourneaux à coke.

On désigne ordinairement sous le nom de *fontes dures*, celles qui sont longues à affiner, telles que les fontes grises, truitées grises, blanches, compactes, grenues ou lamelleuses; sous celui de *fontes demi-dures* celles qui exigent un temps moyen, telles que les fontes truitées blanches, les fontes blanches cristallines peu compactes, et les fontes au coke d'un gris clair à grains serrés. Enfin on donne le nom de *fontes tendres* à celles

qui s'affinent promptement, telles que les fontes blanches par surcharge, les fontes au coke d'un gris clair et peu compactes, les fontes cavernueuses, et tous les débris de moulages, surtout lorsqu'ils ont subi une seconde fusion.

En général, pour obtenir un bon travail, le mieux est de mélanger les diverses qualités de fontes.

Dans la plupart des usines françaises on coule la fonte destinée à l'affinage en *gueuses* très longues et d'une grande épaisseur; il en résulte qu'elles sont difficiles à manier, lentes à s'échauffer et à fondre, et qu'on ne peut présenter qu'une seule pièce à l'action du vent. Il serait préférable de couler la fonte en petits saumons de 6 à 7 pieds de longueur, sur 8 à 9 pouces de largeur et 1 et $\frac{1}{2}$ à 2 d'épaisseur. On pourrait ainsi superposer des fontes d'espèces différentes, pour les affiner de la manière la plus avantageuse.

Enfin une précaution à observer, c'est que les fontes retiennent le moins de sable possible à leur surface.

Préparation des fontes.

Afin de rendre l'affinage des fontes grises plus facile et dans quelques cas plus économique, on leur fait subir diverses préparations dans le but de les faire passer à l'état de fonte blanche, et de les décarburer, c'est-à-dire de leur enlever une partie du carbone qu'elles contiennent.

Ces préparations, qui ne sont en général applicables qu'aux fontes carburées et surcarburées ou aux fontes très grises et noires, sont : le *blanchiment*, le *mazéage*, et le *grillage*.

Blanchiment. Le procédé le plus simple et le plus économique consiste à blanchir la fonte soit dans le haut-fourneau même, soit au sortir du haut-fourneau. Nous renvoyons, pour le premier de ces moyens, à la première partie de cet ouvrage (*Hauts-fourneaux, Conduite du travail*); quant au second, qui est usité en Suède, il se borne à arroser la fonte au sortir du fourneau, ou mieux, à l'immerger dans l'eau lorsqu'elle est assez solidifiée. La fonte devient d'autant plus blanche que le refroidissement est plus rapide, et que les minerais dont elle provient sont plus fusibles; elle conserve d'ailleurs tout son contenu de silicium et de carbone, en sorte que le blanchiment n'accélère que très peu le travail de l'affinage. Cette opération n'est applicable ni aux fontes provenant de minerais réfractaires, ni à celles produites par des minerais impurs.

Pour obtenir un blanchiment complet, il faut couler la fonte en plaques, on en saumons plats et de peu d'épaisseur.

Dans plusieurs usines de Styrie et de Carinthie, on coule la fonte dans un bassin formé en cul-d'œuf dans le sable, près du haut-fourneau; puis, après avoir arrosé les laitiers pour les enlever, on refroidit la fonte par une affusion d'eau sur la surface encore liquide, et l'on forme ainsi successivement des plaques minces que l'on enlève au moyen de ringards et de pinces. Ce travail s'exécute avec beaucoup de rapidité; en dix minutes on peut transformer en plaques 240 à 250 kilog. de fonte. Ces plaques, qui portent le nom de *blettes*, pèsent de 10 à 20 kilog. chacune, et subissent ensuite l'opération du grillage.

On ne traite ainsi que les fontes grises provenant de minerais fusibles. Celles que donnent les minerais réfractaires ne peuvent se blanchir, et les fontes blanches ou truitées formeraient des blettes trop épaisses.

Mazéage. Lorsque les affluents font subir à la fonte une seconde fusion, pour la convertir en blettes et la blanchir sous cette forme, cette opération se nomme *mazéage*. Elle est utile, parce qu'en refondant la fonte avant de l'affiner, on la débarrasse d'une grande partie des corps étrangers dont elle est souillée.

On distingue trois manières de faire le mazéage : la méthode Styrienne, celle de Souabe, et celle du Nivernais.

Mazéage styrien. Il s'opère dans des foyers de mazerie composés de quatre plaques de fonte, et d'un fond en pierres couvert d'une forte couche de brasque. Ces foyers, de forme presque carrée, ont de 40 à 42 centimètres de largeur, 45 à 50 de longueur, et 24 à 25 de profondeur la brasque étant faite. La tuyère est élevée de 22 à 23 centimètres au-dessus du fond, et plonge de manière que le jet d'air le frappe vers le milieu.

Le foyer étant rempli de charbon allumé, on approche la fonte vis-à-vis la tuyère, on la couvre de charbon, et l'on donne le vent en ayant soin de tenir toujours la fonte couverte de charbon à mesure que la fusion s'opère. Comme on n'a pour but que de la préparer à blanchir et non de la décarburer, on ne fait pas usage de scories douces, et on donne beaucoup de rapidité au vent, de telle sorte que la fonte reste grise après la fusion, ce qui est une condition essentielle pour qu'elle puisse se convertir en blettes.

Lorsque le creuset est plein de métal, on arrête le vent, on retire et on éteint le charbon, on enlève les laitiers à la pelle, on arrose la surface

du bain, on forme les blettes de la manière précédemment indiquée, et on les grille ensuite.

Le travail se continue nuit et jour, et pendant les 24 heures on fond ordinairement 1,500 kilog. de fonte. Une mazerie suffit pour alimenter deux foyers d'affinerie.

La condition nécessaire pour conserver à la fonte toute sa liquidité est d'employer de petits creusets, et une tuyère dont la bouche soit très étroite.

Les scories ne se formant qu'en très petite quantité, on ne les fait jamais écouler pendant la fusion, et on les conserve au contraire pour protéger la fonte contre l'action du courant d'air.

A cause de la conversion de la fonte en blettes, cette méthode ne peut s'appliquer qu'aux fontes grises.

Mazéage de Souabe. Il diffère du précédent en ce qu'on se propose non seulement de blanchir la fonte, mais encore de la décarburer en partie, et de lui faire subir ainsi un premier degré d'affinage. C'est par ce motif qu'on ajoute à la fonte une certaine quantité de scories douces.

Le creuset de la mazerie est ordinairement en maçonnerie tapissée de brusque, et la tuyère est presque horizontale. La fonte est mise en fusion avec rapidité, et cette opération terminée on laisse reposer la masse fondue pendant une demi-heure avant de l'arracher du foyer. Dès qu'elle est retirée du feu, on la brise en plusieurs morceaux, qui sont afflués ultérieurement.

On traite à la fois 150 à 200 kilog. de fonte, en variant la dose de scories selon la qualité du métal.

Cette méthode, ainsi que le mazéage styrien donnent d'excellent fer, mais consomment beaucoup de combustible, parce qu'on achève l'affinage dans d'autres foyers, et qu'on laisse refroidir la fonte mazée avant de la soumettre à cette seconde opération.

Le mazéage de Souabe a sur celui de Styrie l'avantage de s'appliquer à toute espèce de fonte, en ajoutant d'autant plus de scories que la fonte est plus grise.

Mazéage du Nivernais. Dans les départemens de la France formant l'ancienne province du Nivernais, on suit un procédé de mazéage qui tient à la fois des deux méthodes précédentes.

Les creusets de mazerie sont composés de plaques de fonte, et ont 40 à 48 centimètres de côté sur autant de profondeur. On fond le métal

comme dans le mazéage de Souabe, en le couvrant de scories douces et de battitures. La fusion étant complète, on coule la fonte sur du sable humecté, eu une seule plaque de 5 à 4 centimètres d'épaisseur. Avant qu'elle soit entièrement figée, le fondeur, au moyen d'un ringard, la sillonne de lignes qui se croisent perpendiculairement, et divisent la surface de la plaque en petits compartimens rectangulaires de 15 à 16 centimètres de largeur sur 40 à 45 de longueur. Lorsque la fonte est refroidie, elle se casse facilement selon les lignes de division, et chaque compartiment produit alors une petite plaque que l'on nomme *lopin*, *mazelle*, *galette* ou *fer mazé*.

Quand la fonte n'est que légèrement carburée, on peut affiner immédiatement le fer mazé; mais si la fonte est encore grise, il faut lui faire subir l'opération du grillage comme aux blettes provenant des hauts-fourneaux ou du mazéage styrien.

Le déchet dans les mazières varie de 5 à 7 pour 100.

Grillage. La fonte solide chauffée au rouge se décarbure lentement et sans trop d'oxidation, soit en opérant à l'air libre, soit en mettant le métal en contact avec des substances qui cèdent leur oxygène. On donne à cette opération le nom de *grillage*, et elle a pour but d'accélérer l'affinage, et de diminuer la consommation de combustible, bien qu'on n'obtienne pas toujours ce dernier résultat, surtout quand on grille en plein air.

Le grillage s'opère soit dans un fourneau, soit sur une aire préparée à cet effet, soit enfin au milieu de scories.

Les fourneaux, dont la grandeur varie selon les besoins de la fabrication, se composent d'une sole recouverte d'une voûte fermée à l'une de ses extrémités. Les côtés de cette voûte sont percés d'un certain nombre d'évents à fleur de la sole, et son dôme présente une ouverture pour le passage de la fumée et des vapeurs. A l'autre extrémité de la voûte est une porte par laquelle on fait le chargement.

On forme sur la sole une brasque en fraisil d'environ 16 centimètres d'épaisseur, dans laquelle on construit, avec du gros charbon, plusieurs canaux aboutissant aux événements, et destinés à recevoir le feu. Sur ce lit de fraisil on forme, dans le sens de la longueur du fourneau, deux ou trois rangées de blettes placées de champ, et séparées les unes des autres par du fraisil. La pile ainsi formée est recouverte d'un second lit de fraisil de même épaisseur que le premier, sur lequel on établit une seconde pile,

et quelquefois une troisième séparée aussi de la précédente par une couche de fraïsil.

Le chargement fini, on mure la porte, et on met le feu par les évents que l'on ferme ensuite en partie afin d'éviter la fusion des plaques, et pour que le grillage s'opère très lentement.

Après dix ou douze heures le grillage est terminé, on démolit la porte et on retire les plaques.

Dans les fourneaux de Styrie, du Tyrol et du Salzbourg, on ne consomme moyennement que 8 à 9 kilog. de charbon pour 100 kilog. de blettes ou plaques.

Lorsque les fourneaux doivent desservir deux feux d'affinerie, il doit avoir 2 mètres de longueur, autant de largeur et autant de hauteur sous le sommet de la voûte.

Les aires à griller sont généralement en usage dans les usines de la Styrie, de la Carinthie et de la Carniole. Elles consistent en un terrain nivelé et battu d'environ 1^m de largeur sur 2 à 3 de longueur, dans le milieu duquel est réservé un canal de 20 à 22 centimètres de largeur sur autant de profondeur. Les côtés de ce canal sont murés en pierres sèches ou maçonnées, et il est recouvert de plaques de fonte laissant entre elles des intervalles. C'est sur ces plaques qu'on dispose les blettes transversalement, en les séparant par du fraïsil. Le tout est recouvert de menu charbon retenu par des plaques de fonte ou par du fraïsil humecté.

On met le feu par le canal, et on y fait arriver le vent d'une machine soufflante, en le modérant assez pour que l'opération ne marche pas trop vite.

Après 12 ou 15 heures, le grillage est terminé et l'on découvre les plaques.

On grille à la fois de 1,000 à 1,500 kilog. de blettes, et la consommation de combustible varie de 15 à 20 pour 100.

Dans le Nivernais, le grillage se fait dans un trou pratiqué dans des scories. On y forme successivement une couche de charbon et une couche de mazelles, puis on couvre le tout avec des laitiers, et on met le feu. Le grillage marche d'abord lentement, et à mesure que les plaques se rapprochent de l'état de fer malléable, on augmente la température. Ce grillage se fait beaucoup moins bien que par les moyens précédens, et l'on consomme de 40 à 45 kilog. de combustible pour 100 kilog. de plaques. Aussi ce procédé dispendieux disparaît-il peu à peu pour faire place à

d'autres modes de travail, et l'on ne grille plus, en général, que les fontes trop carburées; les autres sont affinées directement après le mazéage.

L'action du grillage bien fait, est telle que les fontes ne renferment plus que très peu de carbone, et qu'elles se changent en fer ductile avec la plus grande facilité, mais cette opération n'est guère praticable que dans les pays où le charbon est à vil prix.

Dans quelques usines de la Carinthie et du Saltzbourg, on fait subir à la fonte d'autres préparations qui consistent à la granuler ou à la pulvériser rouge encore sous des marteaux avant de la porter à l'affinage; mais ces moyens sont les plus dispendieux de tous, et la routine des ouvriers peut seule en maintenir l'usage.

Diverses méthodes d'affinage.

Il existe plusieurs méthodes d'affiner la fonte, qui, bien qu'elles diffèrent dans les moyens employés, ont néanmoins des principes communs, et dont les opérations présentent des signes à peu près identiques qui servent à en reconnaître et à en régler la marche.

Ces principes et ces signes doivent être les guides constans de l'affineur, et lorsqu'ils sont bien connus et compris, il est plus facile de saisir l'esprit de chaque méthode, presque toujours obscurci par les pratiques routinières des ouvriers, et par suite, de diriger convenablement le travail dans chaque cas.

Tout affinage se divise en deux opérations : 1°. la fusion, qui peut être faite plusieurs fois, soit dans le foyer d'affinage même, soit dans un foyer séparé; 2°. l'affinage, proprement dit, c'est-à-dire la conversion du métal en fer malléable.

La fusion a pour but principal d'épurer la fonte, et de la décarburer en partie. Elle doit se faire rapidement et par l'action d'un vent fort, afin que le métal conserve toute sa liquidité. C'est pendant cette opération que les substances étrangères telles que le phosphore, le silicium, le manganèse et les matières impures, se séparent de la fonte en majeure partie, les premières par voie d'oxidation, les autres par différence de densité.

La fonte grise, qui tombe goutte par goutte dans le creuset, et conserve plus long-temps sa liquidité, se prête parfaitement à ce mode d'épuration; la fonte blanche, qui tombe par écailles ou par morceaux pâteux qui ne donnent pas assez de prise au courant d'air, abandonne moins de sub-

stances étrangères. Aussi les fontes grises donnent-elles toujours de meilleur fer que les fontes blanches provenant des mêmes minerais.

En général on ne doit pas exposer la fonte directement au courant d'air, surtout s'il est très fort, parce qu'elle conserve alors presque toute sa crudité pendant la fusion, et que restant entièrement liquide, il faut la laisser refroidir avant de commencer le travail de l'affinage. Il en résulte perte de temps, de combustible et de fonte. Il est donc préférable d'employer un vent plus faible, et de dérober la fonte à son action directe, afin qu'elle subisse un premier degré d'affinage pendant la fusion. Le premier moyen s'applique quelquefois aux fontes blanches, mais jamais il ne convient de l'employer avec les grises, déjà plus disposées à devenir liquides.

Il faut plus de vent pour la fusion des fontes blanches que pour celle des fontes grises; les premières exigent de 4^m90 cub. à 5^m50 cub. d'air par minute, et les secondes n'en demandent que 4^m30 cub. à 4^m60 cub. Si le charbon est dur il faut employer plus de vent que s'il est léger.

On laisse ordinairement fondre 100 à 150 kilog. de fonte lorsqu'on opère sur de la gueuse, et 75 à 100 kilog. lorsqu'on fait usage de plaques ou blettes.

La gueuse est placée sur des rouleaux comme l'indiquent les fig. 1, 2, Pl. 5, et on relève un peu son extrémité afin que le vent la prenne en dessous au lieu de la frapper directement. On approche la fonte grise jusqu'à 0^m16 (6 pouces) de la tuyère, et la fonte blanche jusqu'à 8 ou 9 pouces seulement.

Les blettes sont disposées en trousse ou paquets de trois ou quatre, et ces trousse, retenues dans des tenailles, sont disposées de manière que la partie qui doit entrer en fusion se trouve à environ 13 centimètres au-dessus et à 10 centimètres en avant de la tuyère.

On utilise les jets de fonte, la fonte répandue et en brocaille, en les plaçant soit sur la fonte à affiner, soit immédiatement sur les charbons selon la marche du travail.

Si la fonte est disposée à devenir et à se conserver très liquide, on laisse dans le foyer toute la sorne et toutes les scories douces du précédent affinage, et on y ajoute encore tout ce qu'on ramasse autour du marteau.

Si, au contraire, le métal est disposé à *louper*, c'est-à-dire à se coaguler, on jette dans le creuset 10 à 15 kilog. de fonte en brocaille, qui, fondant rapidement, entretient la masse à l'état pâteux, et l'empêche de *changer aussi promptement de nature*, c'est-à-dire de passer aussitôt à

l'état de fer. Enfin, si ce moyen est insuffisant, on ajoute du sable, mais il faut l'éviter autant que possible, ainsi qu'on l'a dit en parlant des agents d'affinage.

Vers la fin de la fusion, l'affineur doit sonder souvent la masse fondue avec un ringard dont le bout est arrondi. Si elle est liquide et traversée sans effort, l'affinage est en retard et le métal encore à l'état de fonte; il faut alors jeter dans le foyer du laitier riche, de la sorne ou bien des battitures pour accélérer la décarburation.

Si la masse est un peu dure, après avoir toutefois traversé la surface, l'affinage est trop avancé, et il faut augmenter le vent pour ramollir le fer.

L'opération présente une bonne allure si la masse est de consistance pâteuse de manière à ce que le ringard puisse la traverser et sentir le fond du creuset; le changement de nature n'est alors ni trop avancé ni trop retardé, le travail ultérieur est facile, les déchets sont moins considérables, et l'on obtient de bon fer.

On peut aussi faire varier la marche de l'affinage par la disposition de la tuyère; ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, on retarde le passage de la fonte à l'état de fer ductile en rapprochant la tuyère du laitier, et on l'accélère par la disposition inverse. Le premier moyen est assez avantageux, mais le second ne doit être employé qu'avec circonspection, parce qu'il rend le travail plus difficile. Il est préférable alors d'avoir recours au moyen ordinaire, indiqué précédemment. Dans tous les cas, les variations dans la position de la tuyère ne doivent pas trop s'écarter des limites indiquées par le tableau relatif à la construction des foyers.

On retarde encore l'affinage en employant un vent faible, et en laissant le métal couvert de charbon.

Lorsque par les moyens précédents la masse fondue a été amenée à l'état de pâte épaisse ou de fer coagulé, formant ce qu'on nomme une *loupe*, un *gâteau* ou un *renard*, l'affinage, proprement dit, commence. Cette opération présente deux périodes bien distinctes: pendant la première on souève une ou plusieurs fois la loupe avant qu'elle soit disposée à entrer en effervescence, afin d'achever sa décarburation; pendant la seconde on souève le métal dont la conversion en fer ductile est déjà très avancée, et qui fond ensuite en bouillonnant. C'est ce qu'on appelle *avalier* la loupe.

La marche du travail se règle d'après la couleur de la flamme. Si elle est blématique, la décarburation est insuffisante, et il faut encore soulever la

loupe avant de l'avalier. Une flamme blanche indique une bonne allure et un affinage assez avancé. Enfin une couleur claire jaunâtre, jointe à l'apparition d'étincelles blanches argentines, ne laisse plus de doutes sur l'inutilité d'un soulèvement ultérieur.

Le soulèvement de la loupe doit différer selon qu'on traite des fontes grises ou blanches. Dans le premier cas, on sort la loupe du bain des scories pour la ramener continuellement devant la tuyère, afin de l'oxyder et de faire brûler le carbone qu'elle contient; dans le deuxième cas, on n'élève la masse que jusqu'à la surface du bain pour éviter l'oxidation, mais on mêle avec soin des scories dans la fonte pour dissoudre l'oxidule et opérer la décarburation.

Pour avaler la loupe, on la soulève au-dessus de la tuyère de manière que le vent passe en totalité par-dessous, on la retourne sens-dessus dessous et de droite à gauche pour la présenter de tous côtés au vent; puis après avoir nettoyé le creuset, on la couvre de combustible frais, et on l'arrose afin de la maintenir d'autant plus long-temps au-dessus de la tuyère que le métal a changé plus difficilement de nature. A cette époque il faut employer un vent très fort, afin de produire une température très élevée, qui mette le fer dans un état presque liquide, et le débarrasse complètement du carbone et des matières étrangères.

Pendant l'affinage il faut employer plus de vent pour la fonte blanche que pour la fonte grise, et un vent plus fort. Il faut l'augmenter graduellement jusqu'à la fin de l'opération, afin d'empêcher la masse de durcir.

Pour le travail de la loupe il faut, suivant la nature des fontes, 6^m20 cub. à 6^m50 cub. d'air par minute, et quand on avale, 7^m40 cub. à 7^m70. cub. En affinant par attachement, on en emploie quelquefois jusqu'à 12 mètres cubes.

Lorsque la loupe est avalée il faut laisser la masse en repos sur la sorne, puis diminuer le vent. Le temps de cette espèce de macération dépend de l'état du fer. Pour en juger, on plonge le bout d'un ringard dans la loupe; une couche de métal s'y attache, et forme un dé qui y adhère avec plus ou moins de force. Si ce dé tient peu à la barre après le refroidissement, on juge que l'affinage est achevé; on arrête le vent, on découvre le creuset et on retire la loupe.

Si l'opération a été bien conduite, sa forme doit être ronde, légèrement allongée, comme l'indique la *fig.* 18, Pl. 5; et sa longueur dans le sens de la largeur du creuset. Il faut qu'elle ait une couleur très blanche au

sortir du feu, que son éclat soit gras, qu'elle perde la sorne par écailles pendant le eïnglage, qu'elle reçoive facilement l'impression du marteau, et ne donne pas une trop grande quantité de laitier.

Les outils nécessaires à l'affinage sont :

1°. Un grand ringard de 10 pieds de long, pour avancer la gueuse et pour soulever la loupe;

2°. Quatre ringards de 7 pieds et de moyenne grosseur, pour piquer la gueuse, détacher la sorne, et soulever les petits morceaux de fer;

3°. Un lâche-laitier à pointe arrondie, pour déboucher le chio et sonder le creuset;

4°. Quelques ringards à poignée en bois, avec lesquels on forme les loupes lorsqu'on affine par attachement;

5°. Deux pelles, dont une sert près du foyer et l'autre pour enlever les scories, pour débayer, etc.;

6°. Un crochet pour nettoyer la tuyère;

7°. Un crochet plus fort à manche en bois, pour faire sortir la loupe du foyer;

8°. Une masse pour refouler la loupe;

9°. Un fourgon ou écoisse, pour pousser le charbon dans le foyer et l'en retirer.

La marche générale à suivre dans l'affinage et les précautions à prendre étant bien conçues, il suffira maintenant d'exposer brièvement les diverses méthodes suivies, lesquelles ne diffèrent entre elles qu'à raison de la nature des fontes, de leurs préparations préalables et du nombre des foyers employés.

La préparation du foyer est à peu de chose près la même, quelle que soit la méthode suivie. Après avoir nettoyé le creuset et rafraîchi le fond, s'il est nécessaire, on brasque tout son pourtour avec du fraïsil et du menu charbon humectés et bien battus; on couvre ensuite le fond de menus charbons provenant du précédent affinage. Par ce moyen on rétrécit le foyer, on concentre la chaleur, et on économise du combustible. On emploit le foyer de gros charbon qu'on allume, et l'on fait jouer les machines soufflantes. Il faut avoir soin d'arroser continuellement le fraïsil pour que le vent ne l'enlève pas, et de répéter cette opération pendant la fusion et l'affinage.

On peut classer les principales méthodes d'affinage ainsi qu'il suit :

- 1°. Méthode allemande, ou affinage à plusieurs fusions, en employant le même foyer pour l'étirage;
- 2°. Méthode suédoise, à deux fusions, en faisant usage d'un feu séparé pour l'étirage;
- 3°. Méthode française ou wallonne, à une seule fusion, avec feu séparé pour l'étirage;
- 4°. Méthode styrienne, à une seule fusion, employant un seul foyer, mais la fonte ayant reçu une préparation préalable;
- 5°. Affinage de Siegen;
- 6°. Affinage par attachement.

On pourrait ajouter à cette nomenclature la méthode bergamasque, l'affinage successif ou par lopins, et l'affinage dans des feux de brasque; mais ces procédés sont tellement dispendieux, et si variables dans leurs résultats, que l'on ne doit plus les considérer que comme des méthodes arriérées, et impraticables aujourd'hui que l'économie est la première condition de toute fabrication.

Méthode allemande. Cette méthode s'applique surtout à des fontes très grises, dont le carbone ne pourrait être brûlé en une seule opération. L'affinage se fait à trois fusions dans quelques usines, à deux seulement dans d'autres, et l'on n'opère que sur de la fonte en gueuse.

Après avoir présenté la gueuse devant la tuyère, et en avoir fondu 100 à 150 kil., on laisse reposer le métal en bain, et l'on fait écouler la presque totalité des scories crues. On procède ensuite au premier soulèvement, par lequel la masse se divise ordinairement en plusieurs morceaux. L'affineur les retire du feu, vide le creuset, y verse une rasse de charbon, puis y replace les morceaux de manière que les moins affinés, s'il y en a, soient plus près de la tuyère; il ajoute au besoin des battitures, évite que le charbon s'interpose entre les morceaux, parce qu'il retarderait l'affinage, et laisse fondre une seconde fois. La masse fondue repose en bain comme précédemment, et se trouve ordinairement assez débarrassée de carbone pour se coaguler. L'affineur la soulève de nouveau, fait glisser par-dessous les charbons incandescens, afin d'éviter tout refroidissement, ajoute du charbon frais, et laisse descendre la loupe. Il a soin d'arroser et de comprimer le charbon, pour concentrer la chaleur. Après la seconde, ou au plus après la troisième fusion, le fer est entièrement affiné; et après avoir avalé la loupe, ainsi qu'on l'a expliqué précédemment, il la retire du foyer.

Dans cette méthode, on étire le fer pendant la fusion de la fonte, ce qui oblige quelquefois à la prolonger. Il en résulte une plus grande consommation de charbon, mais on obtient un fer de très bonne qualité.

La méthode allemande s'applique aussi à des fontes blanches très pures, et passant facilement à l'état de fer ductile. On ne soulève alors la masse que pour avaler la loupe : à cet effet, on retire d'abord le charbon, on arrête le vent, on arrose le métal pour le rafraîchir, on le soulève et on le reverse sur du charbon frais, pour le refondre et le faire bouillonner. Ce procédé a reçu le nom d'*affinage par masse*, parce que la loupe ne peut se diviser en morceaux comme dans la méthode allemande pure. Il est employé dans quelques parties de la Suède.

Méthode suédoise ou demi-wallonne, usitée en suède, et en France, où on l'appelle *méthode du Berry*. Les affineurs qui se servent de ce procédé n'emploient qu'une fonte truitée ou mêlée, et très pure. On fond et on refond la fonte sans rafraîchir le métal demi-affiné. La loupe était sortie du feu, on la cingle et on la divise en quatre ou cinq lopins, qu'on étire dans des feux de chaudière particuliers.

Méthode française ou wallonne, employée dans une grande partie de la France, dans les Pays-Bas, surtout aux environs de Liège, dans l'Eiffel et sur la Lahn. On traite par cette méthode de la fonte blanche de bonne qualité, dont on brûle le carbone le plus possible pendant la fusion, qui n'a lieu qu'une fois; puis on avale la loupe, dont le poids est ordinairement de 25 à 30 kil. Cette dernière, après avoir été cinglée sous le marteau, est portée dans une chaudière pour l'étirage.

Ce travail marche très rapidement : une loupe de 30 kil. est faite en une demi-heure; et lorsqu'on fait des loupes de 80 à 100 kil., comme dans les Pays-Bas, elles n'exigent pas plus de 45 à 50 minutes; mais il n'y a pas grand avantage à faire d'aussi fortes loupes, parce que la durée de l'étirage ne concorde plus avec celle de l'affinage, comme dans le premier cas.

Méthode styrienne. On doit comprendre sous cette dénomination les méthodes dans lesquelles on n'affine que des blettes blanches ou grillées, provenant soit du haut-fourneau, soit du mazéage. Cette fonte ainsi préparée, passant très vite à l'état de fer ductile, en la faisant fondre doucement avec de la sorne et des battitures, on n'a pas besoin de soulever la loupe ni de l'avalier. Pour décarburer la fonte, on donne à la tuyère une forte inclinaison, qui va souvent jusqu'à 25 et 30 degrés.

Le creuset dans lequel on opère est ordinairement construit en maçon-

nerie, et quelquefois avec des plaques de fonte. On lui donne 0^m78 de longueur, 0^m62 de largeur et 0^m52 de profondeur; mais au moyen de la brasque en fraïsil, il ne reste qu'un creux de 0^m30 à 0^m36 de diamètre, et de 0^m20 à 0^m23 de profondeur.

Le creuset étant préparé, on commence par chauffer et forger la moitié environ des lopins du précédent affinage; on présente alors les blettes, et l'on en fait fondre assez pour produire une loupe de 75 à 100 kil. Pendant la fusion, on achève de forger le reste des lopins. Dès que la fusion est terminée, la loupe l'est aussi : on l'enlève, on la cingle et on la coupe en lopins; ceux-ci sont portés aussitôt au feu, qui a été nettoyé pendant le travail sous le marteau.

On jette des battitures sur les lopins pendant la chauffe, afin d'achever leur décarburation, et pour déterminer celle de la masse mise en fusion pour l'affinage suivant.

Les laitiers qui se forment pendant la fusion restent dans le creuset, et servent à absorber le carbone de la fonte.

Affinage de Siegen. Cette méthode a beaucoup d'analogie avec la styrienne, et, comme dans celle-ci, on traite une fonte très facile à convertir en fer, qui permet de faire la loupe sans la soulever et sans l'avalier. Cette fonte provient de minerais manganésifères, que l'on fond dans des fourneaux très bas et à un faible degré de chaleur : d'où résulte qu'elle contient très peu de silicium, et, par cette raison, s'affine avec promptitude. On la coule en gueuse, et elle ne subit aucune préparation. On préfère la fonte truitée ou mêlée; la fonte blanche donne un fer trop dur; la fonte grise prolonge trop l'opération.

On approche la gueuse à 25 centimètres de la tuyère, et on la place un peu au-dessus du courant d'air qui vient frapper la plaque du fond vers le milieu. Les buses des soufflets ont 20 millimètres de diamètre, et sont placées à 8 centimètres en arrière du museau de la tuyère, dont la saillie dans le feu est de 3 à 4 centimètres seulement. On fait fondre 175 à 200 kil. de métal, et, au bout de trois heures, on obtient une loupe de ce poids. On la retire, on la porte sur l'enclume, on la cingle, et on la divise en deux parties, qu'on reporte sur le feu. L'étirage se fait pendant la fusion subséquente, et, comme dans la méthode styrienne, et dans le même but, on emploie des laitiers riches ou des battitures avec profusion. On a soin de faire écouler souvent les scories, afin d'exposer la surface du métal au jet d'air, lequel forme de l'oxidule qui hâte la décarburation.

On traite aussi de la même manière des plaques minces dont la fonte est devenue blanche, soit par l'arrosage, soit par une forte proportion de minerais spathiques; le temps et le mode de travail sont d'ailleurs les mêmes.

Affinage par attachement. Pour affiner par attachement, la masse étant avalée et dans un état d'effervescence, l'affineur enfonce une barre de fer sous la loupe, et la promène dans différentes directions, en laissant toujours le bout à peu près dans le plan horizontal passant par le dessous du museau de la tuyère; il tâche en même temps de former une espèce de creux sous la loupe, sans la faire descendre, afin d'y rassembler le fer en fusion, lequel, à la faveur d'une température très élevée, abandonne complètement les matières étrangères. Le fer s'attache fortement à la barre, et quand l'ouvrier sent qu'elle en est chargée d'une certaine quantité, il la retire, la plonge dans l'eau pour en détacher les scories, rassemble le fer par quelques coups de marteau à main, puis le refroidit dans l'eau; il plonge de nouveau la barre pour ramasser une nouvelle quantité de fer, et continue cette opération jusqu'à ce que son lopin ait un poids de 8 à 10 kil. Un second ouvrier l'étire ensuite et le sépare de la barre d'attachement.

Le nombre de lopins qu'on peut obtenir par attachement dépend du poids de la loupe, de la nature du fer, et de l'adresse de l'affineur. Quelquefois on ne tire que deux ou trois lopins; d'autres fois on en obtient jusqu'à neuf ou dix.

Pendant toute la durée de l'attachement, il faut employer beaucoup de vent, et lorsqu'il est terminé, on ralentit la soufflerie, et l'on achève de faire la loupe comme à l'ordinaire.

Cette méthode peut se combiner avec toutes celles dans lesquelles on avale la loupe, et présente les avantages suivans : 1°. économie de temps, d'où accroissement de production; 2°. économie de combustible, parce que le forgeage subséquent ne dure pas aussi long-temps; 3°. amélioration dans le fer obtenu par attachement, sans que celui de la loupe soit détérioré; souvent même il devient meilleur.

Elle peut aussi se combiner avec celles dans lesquelles le métal reçoit son degré d'affinage par une seule fusion sans soulèvement. Cette combinaison caractérise la méthode dite *osemunde*, par laquelle on traite une excellente fonte blanche en gueuse. Dans cette méthode, il faut employer beaucoup

de sornes et de battitures, et ne commencer à tirer le fer par attachement que lorsque le creuset est rempli de laitiers riches très liquides. Les lopins doivent être travaillés à force dans le laitier et dans le courant d'air, si l'on veut obtenir un fer de très bonne qualité. L'affinage marche sans interruption, ce qui le rend très fatigant pour les ouvriers.

Cinglage de la loupe et étirage du fer. Les outils du forgeron sont :

1°. Une grande tenaille à cingler pour saisir la loupe et pour la tenir sur l'enclume au commencement du cinglage. Le mors de cette tenaille est courbe, et cette forme lui a fait donner le nom d'*écrevisse*.

2°. Une petite tenaille à cingler pour achever le cinglage, Pl. 5, fig. 19.

3°. Une barre de fer servant à retenir la loupe pendant le cinglage.

4°. Deux tenailles à chauffer les pièces et les lopins, Pl. 6, fig. 10.

5°. Deux tenailles à retenir les lopins pendant qu'on les dégrossit.

6°. Deux ou trois tenailles à coquille, Pl. 6, fig. 11, pour tenir les pièces et les lopins pendant qu'on les étire.

7°. Un haveau ou gambier, espèce de levier à deux manches en bois, pour aider le marteleur à porter les barres du foyer à l'enclume.

8°. Deux hachérons ou couteaux, espèce de bache à main, à tranchant obtus et à manche en fer. Le plus grand sert à diviser la loupe en lopins sous le choc du marteau; le plus petit, à couper les poilles et à *affranchir* les barres, c'est-à-dire à en rogner les bouts.

9°. Un marteau à chapeler pour dresser les panues des marteaux et enclumes.

10°. Une pierre de grès pour polir les panues.

11°. Une pièce à échantillonner ou *échantillon*; c'est une bande de tôle forte ou de fer mince dans les bords de laquelle on fait des entailles de diverses longueur pour calibrer les fers.

12°. Une chambrière ou un tréteau en fer pour porter le bout des barres pendant qu'on les chauffe.

La loupe sortant du foyer est portée sur une plaque en fonte que l'on nomme *refouloir*, et le marteleur la frappe de tous côtés avec une petite masse pour rassembler le fer. Il la saisit alors avec l'*écrevisse* et la porte sur l'enclume, le côté qui était tourné vers le contrevent en dessus, parce que le fer est moins bien soudé de ce côté, et doit par ce motif recevoir les premiers coups du marteau. On fait agir celui-ci lentement, jusqu'à ce que la loupe que l'on présente successivement dans différents sens ait pris de la con-

sistance. C'est là ce qu'on appelle *cingler* la loupe. On active alors le marteau jusqu'à ce qu'il ait acquis toute sa vitesse, et l'on transforme la loupe en un prisme carré, Pl. 6, *fig.* 12, que l'on nomme *pièce*.

Dans la méthode allemande, la pièce étant d'un poids trop considérable pour être transformée en barre, on la coupe en quatre, cinq ou six morceaux, au moyen du hacheron. Ces morceaux ou lopins sont placés successivement dans le feu, mais on dégrossit un peu le dernier, et l'on reporte les autres sur l'enclume pour les ébaucher de la même façon, afin qu'ils occupent moins d'espace dans le foyer, et que leurs surfaces étant plus unies, ils produisent moins de déchet.

Dans la méthode française, et dans toutes celles où la pièce n'est pas trop grosse, on reporte cette pièce au feu pour lui donner une chaude comme aux lopins.

On chauffe au blanc soudant; alors le marteleur tire la pièce ou le lopin le plus rapproché de la tuyère, la saisit avec une tenaille à coquille, et l'étire en barre dans le milieu, laissant une petite masse à chaque bout. Le fer, sous cette forme, représentée Pl. 6, *fig.* 13, prend le nom d'*encrenée*. Les autres pièces ou lopins sont forgés de la même manière.

Ou donne une chaude à l'un des bouts de l'encrenée, puis, étirant ce bout, on forme la *maquette*, *fig.* 14.

Enfin on chauffe l'autre bout, et l'on achève de forger, ce qui produit la *barre*, *fig.* 15.

Il faut avoir soin de faire frapper le marteau alternativement sur toutes les faces du fer, afin qu'elles aient toutes la même apparence.

On fait les barres plates ou carrées selon le besoin.

Pendant qu'on forge la maquette et la barre, l'aide marteleur ou *goujat* jette de l'eau sur le marteau et l'enclume pour *parer* le fer, c'est-à-dire pour le dépouiller de sa couche d'oxide.

Il faut toujours donner de bonnes chaudes suantes, parce qu'elles ne détériorent jamais le fer, et peuvent le corriger s'il est vicieux; mais il faut en même temps éviter de l'oxider ou de le *brûler*, suivant l'expression des ouvriers. A cet effet, on laisse accumuler les scories dans le foyer lorsqu'on chauffe les pièces pour les forger, et l'on y plonge le fer, qui peut dès lors recevoir le plus fort coup de feu sans aucun risque.

Lorsqu'on se sert d'une chaufferie pour l'étirage du fer, on y porte la pièce aussitôt qu'elle est faite, et on continue le travail comme précédemment.

Selon le poids et la vitesse du marteau, la grosseur des lopins et l'échantillon que l'on veut obtenir, il faut de 400 à 500 coups pour forger l'encrenée; de 350 à 450 pour faire la maquette; et de 450 à 550 pour achever la barre.

On désigne dans le commerce, sous le nom de *fer marchand*, celui qui se forge sous le gros marteau.

Ce fer se divise en trois classes :

1°. *Gros échantillons*, comprenant : les *fers carrés* de 13 à 30 lignes; les *plats* de 25 à 60 lignes, sur 6 à 8 d'épaisseur; les *bandages* de 28 à 36 lignes, sur 8 à 15; le *maréchal* de 16 à 18 lignes, sur 7 à 8; et le *cornet* de 6 à 8 pouces de largeur, sur 5 à 7 lignes d'épaisseur.

2°. *Moyens échantillons*, comprenant : les *carrés* de 10 à 12 lignes; les *plats* de 21 à 24 lignes, sur 5 à 7; le *petit bandage* de 28 à 30 lignes, sur 5 à 7; le *maréchal* de 13 à 14 lignes, sur 6.

3°. *Petits échantillons*, comprenant : les *carrés* de 9 à 10 lignes; les *plats* de 15 à 20 lignes, sur 4 à 4 $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; le *maréchal* de 12 lignes, sur 6, que l'on nomme aussi *fer méplat*.

Nombre d'ouvriers nécessaire pour l'affinage et l'étirage du fer. Le nombre des ouvriers et la manière de les employer varient selon la méthode que l'on suit.

Dans la méthode allemande, un feu occupe ordinairement cinq ouvriers : un maître affineur, un marteleur, deux chauffeurs et un aide. Le maître et le premier chauffeur travaillent ensemble, ainsi que le marteleur et le deuxième chauffeur; l'aide est à leurs ordres. Le travail commence dans la nuit du dimanche au lundi, et se poursuit sans discontinuer jusqu'au samedi soir. Le marteleur et le second chauffeur font la première tournée de chaque semaine; ils alternent avec les deux autres, après le travail de chaque loupe ou de chaque deux loupes.

Lorsqu'on tire la loupe, tous les ouvriers sont présents, l'aide excepté. Le marteleur la saisit avec l'écrevisse et la cingle, aidé par les chauffeurs qui la retiennent avec des barres; le maître porte et place les lopins dans le feu.

A cette époque, l'aide arrive pour apporter les charbons, tirer la pale de la roue, et tenir les échantillons. Les ouvriers qui ont fini leur tournée se retirent, et les deux autres procèdent au forgeage des lopins. Quand tout le fer est forgé, l'aide s'en retourne.

Par cette distribution des fonctions, tous les ouvriers sont appelés à fondre,

affiner et forger tour à tour, sous la surveillance du maître. Ils s'instruisent, peuvent se suppléer au besoin, et il en résulte plus d'émulation et d'uniformité dans le travail.

Le maître est chargé de mouter le foyer, d'entretenir les machines soufflantes et leur roue; le marteleur a sous sa surveillance l'entretien de l'ordon et de sa roue, ainsi que la disposition du marteau et de l'enclume.

Les cinq ouvriers sont relevés, soit de douze en douze heures, soit toutes les vingt-quatre heures seulement.

Dans beaucoup d'usines, et en particulier dans celles où l'on suit la méthode d'affinage de Siegen, un feu est desservi par quatre hommes, dont deux maîtres et deux aides, chargés de l'affinage et de l'étrépage. La tournée est ordinairement de vingt-quatre heures, mais les ouvriers peuvent se reposer après avoir achevé une loupe, c'est-à-dire toutes les trois heures. Les quatre ouvriers doivent toujours être présents pour tirer la loupe du feu et pour la cingler.

Dans les usines où l'étrépage se fait dans un foyer particulier, le foyer d'affinerie et le feu de chaufferie sont desservis chacun par deux ouvriers, dont un maître et un aide, qui sont relevés, soit de trois en trois heures, soit de six en six heures. Assez ordinairement les postes sont de trois heures aux affineries et de six heures aux chaufferies, mais cet arrangement varie dans presque toutes les localités.

Consommations et produits. Les consommations et produits sont assez variables dans toutes les méthodes, et dépendent non seulement de la nature de la fonte mise en œuvre, mais encore de l'échantillon des fers et de l'adresse de l'ouvrier.

Dans la méthode allemande, on emploie de 1,300 à 1,500 kil. de fonte pour produire 1,000 kil. de fer : le déchet varie donc de 24 à 33 pour 100 du poids de la fonte. Quelquefois même il s'élève à 36 pour 100, lorsque la fonte est de mauvaise qualité, et disposée à donner du fer cassant à chaud ou à froid.

La consommation en combustible varie de 13 à 16 mètres cubes de charbon de bois blanc, ce qui, à raison de 140 kil. par mètre cube, revient de 1,800 à 2,240 kil. de charbon par 1,000 kil. de fer en barre. Le premier chiffre ne doit jamais être dépassé lorsqu'on ne fait que de gros fers.

Un feu à l'allemande peut fabriquer de 2,800 à 3,000 kil. de fer par semaine en moyens échantillons, et jusqu'à 4,500 kil. si l'on ne fabrique que de gros fers marchands.

Par la méthode française ou wallonne, la consommation en fonte est de 1,500 à 1,500 au mille de fer; la consommation en charbon, de 1,200 à 2,000; et le produit d'un feu, y compris sa chaudière, s'élève par semaine de 5,500 à 6,000 kil. de fer en barre.

Sur la Lahn, on a deux feux d'affinerie pour un feu de chaudière; et ces trois foyers, desservis par un seul marteau, produisent jusqu'à 8,000 kil. de fer. Le déchet sur la fonte s'élève de 25 à 28 pour 100, mais on ne consume que 10 mètres cubes de charbon, soit environ 1,400 kil. par 1,000 kil. de fer.

Par la méthode styrienne, le déchet de la fonte passe rarement 10 à 12 pour 100, mais la consommation en combustible s'élève à 20 mètres cubes, soit 2,800 kil. par 1,000 kil. de fer, y compris le charbon employé pour le grillage des blettes. Cette opération consomme à elle seule de 900 à 950 kil. de charbon par 1,000 kil. de fonte grillée. Une si forte dépense en combustible rend cette méthode peu recommandable.

L'affinage de Siegen est celui qui présente le plus d'avantage sous le rapport des produits hebdomadaires et de la consommation de combustible. Un feu produit de 9,000 à 10,000 kil. de fer par semaine, mais à la vérité on ne le forge qu'en barres carrées de gros échantillon.

Le déchet sur la fonte varie de 16 à 25 pour 100, et le charbon brûlé ne s'élève que de 4^m cubes à 4^m,8 cubes par 1,000 kil. de fer. Ce charbon provient de bois durs, et pèse en moyenne 240 kil. par mètre cube, ce qui établit la consommation de 960 à 1,150 kil. seulement par 1,000 kil. de fer.

D'après de tels résultats, observés avec soin par Eversmann et Karsten, cette méthode mériterait de fixer l'attention des maîtres de forge, pour l'imiter du moins autant que la nature des fontes le permettrait.

Affinage des fontes sulfureuses et phosphoreuses.

Les fers provenant des fontes qui contiennent du soufre ont la propriété d'être brisans à chaud, et dès qu'ils parviennent à la couleur rouge, ils se crèvent et se brisent sous le marteau. Si on les chauffe jusqu'au blanc, ils volent en éclat, et dès lors il est impossible de les souder. Ces fers, que l'on désigne sous le nom de fers *rouverins*, ne peuvent donc être employés qu'à froid, ou à une faible température. Quelques atomes de soufre suffisent pour leur donner ce défaut.

Les fontes phosphoreuses donnent au contraire un fer très malléable à

chaud, se soudant très facilement, mais *cassant à froid*, lorsque la dose de phosphore qu'il contient excède la proportion de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pour 100.

Pour améliorer ces fers, il faut surtout s'attacher à une bonne préparation des minerais dont ils proviennent, et à enlever la plus grande partie des substances nuisibles par le travail des hauts-fourneaux (voir la première partie); mais il faut en outre y apporter quelques corrections par l'affinage.

Ces corrections s'obtiennent dans tous les cas par l'emploi d'une certaine quantité de calcaire très pur, réduit en poudre.

Voici comment on opère aux forges de Torgelow (Poméranie) et de Peitz en Neumark, où l'on traite des fontes provenant de minerais limonneux, et qui contiennent de 3 à $5 \frac{1}{2}$ pour 100 de phosphore.

On fait fondre de 120 à 125 kil. de fonte (288 livres de Prusse), et lorsque la fusion est terminée, que le métal, dans la direction du vent, a déjà pris quelque consistance, on arrête le vent, on soulève la fonte, et on jette de l'eau pour la solidifier complètement. On sort la masse et on nettoie le creuset, en mettant de côté les fragmens de fer qu'on y trouve, pour les joindre à l'opération suivante. On remplit le creuset de charbon frais; on renverse alors la loupe de manière que ses faces soient placées en sens inverse de leurs positions précédentes; on jette sur sa surface une pelée de calcaire en poudre, du poids de 1¹/₂ environ, on la recouvre ensuite de charbon, et on rend le vent. A partir de ce moment commence l'affinage proprement dit.

Après quelque temps, on jette deux pelées de calcaire sur les charbons qui recouvrent la loupe, et l'on ajoute une nouvelle pelée un peu avant que le fer soit redescendu au-dessous de la tuyère.

Alors on arrête le vent, on soulève de nouveau la loupe et on la place sur l'aire; on remplit le creuset de charbon frais, et on y jette une pelée de calcaire qui forme un lit sur lequel on replace la loupe, sans la retourner ni la renverser. On la recouvre de charbon, on verse par-dessus une pelée de calcaire, et on rend le vent pour fondre la loupe une seconde fois. Pendant la fusion, on répand encore deux pelées de calcaire sur les charbons.

On soulève la loupe une troisième fois, et pendant cette opération, qui est presque toujours la dernière, on se conduit comme dans les précédentes.

Lorsque après le dernier soulèvement, la loupe est redescendue au niveau

de la tuyère, on n'ajoute plus de calcaire, mais on la relève de nouveau, on ajoute du charbon frais, et on la replace sur le lit. On la laisse alors s'abaisser pour prendre du fer par attachement, après quoi on tire la loupe pour la eingle et la forger comme à l'ordinaire.

Dans ce travail, on ne fait pas écouler les scories qui sont pâteuses, et on les enlève par fragmens.

La quantité totale de calcaire employé pour faire une loupe est de 11 à 12 kil. Il faut éviter de l'employer en excès, parce qu'il rend les scories réfractaires, le fer pailleux, difficile à souder, et sujet à se mettre en éclats sous le marteau.

Le fer, après l'affinage, ne contient plus que de 0,70 à 0,84 pour 100 de phosphore, et présente quelquefois assez de ténacité pour être plié et replié à froid sans casser.

On a essayé d'employer à l'affinage des carbmates de soude et de potasse, seuls ou mélangés à la chaux; mais ces matières diminuent la soudabilité du fer, et lui communiquent une dureté que ne lui donne pas la chaux, même en excès.

On conçoit qu'un pareil travail doit entraîner non seulement un déchet considérable, mais aussi une forte consommation de combustible.

On peut appliquer aux fontes sulfureuses un traitement analogue, mais il faut sans doute, de même que pour les fontes phosphoreuses, varier les doses de calcaire selon le contenu de soufre ou de phosphore.

DU TRAVAIL DES MARTINETS.

L'étrépage des fers de petites dimensions se fait au moyen de martinets ou macas, et on le sépare ordinairement du travail de l'affinage, pour ne pas gêner ce dernier.

On chauffe le fer dans des chaufferies ordinaires, en faisant usage, soit de charbon de bois, soit de houille, soit même de bonne tourbe carbonisée, la chaleur à produire ne devant pas être très intense.

L'outillage des martinets est le même que celui des grosses forges, à cela près que les tenailles sont un peu plus petites, et qu'on ne se sert pas de l'écrevisse.

Un martinet et sa chaufferie activés pendant le jour seulement, occupent deux ouvriers, le *platineur* ou *martineur* et le *chauffeur*. Si l'on travaille jour et nuit, il faut doubler ces ouvriers, qui alternent par tournées de

douze heures. Ces ouvriers font une pause de deux en deux heures, pour prendre un peu de repos, ainsi que pour examiner et réparer les barres forgées.

Le *fer martinet* se divise en trois espèces :

1°. *Gros échantillon*, comprenant : le *fer rond* de 9 à 15 lignes; et la *bandelette* ou *fer plat* de 9 à 15 lignes de largeur, sur $2\frac{1}{2}$ à 3 d'épaisseur.

2°. *Moyen échantillon*, comprenant : le *fer rond* de 6, 7 et 8 lignes; la *bandelette* de 7 à 8 lignes, sur $2\frac{1}{2}$; et le *fer carillon* ou carré de 6 à 7 lignes.

3°. *Petit échantillon*, comprenant : la *tringle ronde* de 3 à 5 lignes; la *petite bandelette* de 6 à 8 lignes, sur 2; le *petit carillon* ou carré de $\frac{1}{4}$ à 5 lignes; et la *verge crénelée* ou *fer carré* qui conserve les crénelures que lui a imprimées le choc du marteau.

Ces diverses espèces de fer s'obtiennent en reforgeant du fer marchand de 3 à 4 cent. d'équarrissage, que l'on recoupe à la longueur de 80 à 90 cent., selon les dimensions des échantillons qu'on veut obtenir. Ces morceaux se nomment *bidons* ou *bâtards*.

Le foyer étant préparé et le combustible allumé, le chauffeur place au feu cinq à six bidons à la fois, en les tenant au-dessus du vent; et il a soin de comprimer un peu son charbon, de manière à empêcher l'oxidation sans gêner le passage de l'air. Cela fait, il règle le vent de manière à porter le fer au rouge blanc, en commençant par la barre la plus rapprochée de la tuyère.

Pour préserver le métal de l'oxidation, lorsque, malgré les précautions sus-indiquées, on ne peut l'empêcher, il faut recouvrir les bidons de battitures. Le sable produit le même effet, mais il faut en éviter l'emploi, parce qu'il rend le fer aigre et augmente les déchets.

Pour étirer une barre, on donne ordinairement trois chaudes : à la première, on étire le milieu du bidon; à la seconde, on étire l'un des bouts, et à la troisième, on forge l'autre bout. On pare le fer à mesure qu'une des parties de la barre est terminée.

C'est ainsi que s'exécute le forgeage des fers carrés plats et mi-plats; mais pour faire du fer rond, on commence par étirer et dégrossir les bidons sous un martinet ordinaire, en abattant les arêtes, dressant et parant le fer, après quoi on le forge entre des pannes à coquilles ou creusées cylindriquement.

Lorsqu'on veut obtenir du fer de meilleure qualité, il faut le *corroyer*.

A cet effet, on forge d'abord les bidons en lames de 18 à 24 lignes, sur 5 à 4; on coupe ces lames en morceaux de 10 à 15 pouces, dont on forme des *trousses* ou *paquets* en les superposant; on réunit dans chaque troussé 6 à 8 morceaux, et l'on a soin de placer les bouts dans le milieu. Si l'on ne dispose que de fers cassants et brisans, il faut les mélanger par parties égales; l'un et l'autre défaut s'en trouve diminué.

Les trousses formées, on leur donne une chaude soudante, et on les porte sous le martinet pour les souder dans toutes leurs parties. Si l'oxide qui peut recouvrir les surfaces ou s'y former pendant la chauffe s'opposait au soudage, il faudrait le dissoudre en saupoudrant les morceaux avec un peu de sable fin.

Un martinet bien desservi, et ne travaillant que de jour, peut produire 1,500 à 1,800 kil. de fer en petits échantillons. En travail continu de jour et de nuit, il peut en donner 3,000 kil.

Le déchet doit être au plus de 5 pour 100 sur les plus petits échantillons; et en n'en faisant que de gros, il n'est souvent que de 1 et demi à 2 et demi pour 100.

La consommation par 1,000 kil. de fer est : en charbon de bois, de 700 à 1,100 kil., selon la grosseur des fers; en houille, de 450 à 600, et en charbon de tourbe, de 800 à 1,200, selon sa qualité.

A la fin de chaque journée, on réunit les tringles et les verges en bottes, qu'on lie avec du fer très doux, et dont le poids, y compris les liens, est de 25 kil.

Dans plusieurs usines, au lieu de se servir de chaufferies, on fait usage d'une espèce de four sans cheminée, que l'on nomme *four dormant*. Il se compose d'une grille de 1^m40 à 1^m50 de longueur, sur 1^m10 de largeur, recouverte par une voûte surbaissée, dont la clef s'élève de 0^m45 à 0^m50 au-dessus de cette grille. La voûte est fermée à l'un des bouts, et dans l'autre est pratiquée une porte un peu cintrée de 0^m24 à 0^m25 de hauteur, sur 0^m80 à 0^m90 de largeur, dont le seuil est en fonte, et élevé au-dessus de la grille de 0^m15 à 0^m16. C'est par cette porte, qui se ferme au moyen d'un registre à bascule, que l'on répand le combustible sur la grille et qu'on y charge le fer. Celui-ci reposant sur le combustible incandescent, activé par un courant d'air libre, acquiert promptement la chaleur rouge nécessaire au travail.

Ces fours, d'une construction analogue à celle des fours à réverbère,

dont on parlera plus loin, sont d'un usage avantageux et assez économique, mais sont insuffisants lorsqu'on veut corroyer le fer en formant des trousseaux, parce qu'ils ne peuvent s'élever à la température nécessaire au soudage.

AFFINAGE A LA TOURBE.

D'après les observations de M. Voltz, ingénieur en chef des mines, la bonne tourbe carbonisée est au moins aussi convenable pour l'affinage que le charbon de sapin; et des essais comparatifs faits aux forges de Rothau entre ces deux combustibles, ont fait voir que le fer affiné au charbon de tourbe avait l'avantage d'être plus soudant. Néanmoins ces essais paraissent n'avoir pas été satisfaisants sous tous les rapports, puisque, jusqu'à présent, l'emploi du charbon de tourbe n'a point été adopté.

SECTION III.

FORGES A L'ANGLAISE. — AFFINAGE DE LA FONTE A LA HOUILLE.

PROCÉDÉ DE FABRICATION.

La méthode de fabriquer le fer à la houille, dont l'idée est peut-être due aux travaux de Réaumur, fut inventée par Cort et Parnell, en 1787, et se pratique en Angleterre depuis cette époque. Incomplète et très dispendieuse à son origine, cette méthode a subi plusieurs modifications importantes qui ont enfin assuré son succès, et aujourd'hui elle est portée à un point de perfection qui laisse peu de chose à désirer.

Elle consiste à préparer la fonte à l'affinage en la mettant en fusion au moyen du coke, dans des foyers que l'on nomme *fineries*; à l'affiner ensuite dans des foyers particuliers, que l'on désigne sous le nom de *fours à réverbère*; puis à forger le fer, soit au moyen d'un marteau et de cylindres munis de cannelures, soit au moyen de ces derniers seulement.

Le travail du fer se divise en plusieurs opérations successives.

La première est le *raffinage* ou *finage* de la fonte, qui s'exécute dans les *fineries*, et dont le produit est une fonte épurée et en partie décarburée, que l'on nomme *fin métal*.

La seconde est l'affinage du fin métal dans des fours à réverbère, que l'on nomme *fours à puddler*.

La troisième est le *cinglage* ou *dégrossissage*, qui s'exécute en portant les *loupes* ou *balles* sortant des fours à puddler sous le marteau, pour les convertir en *pièces*, puis à faire passer les pièces entre de gros cylindres cannelés, nommés cylindres *préparateurs* ou *dégrossisseurs*. Quelquefois les loupes sont passées immédiatement aux *dégrossisseurs*. Dans tous les cas, on réduit le fer en grosses barres plates entre ces cylindres, et on le laisse refroidir.

La quatrième opération est le *cisailage*, qui a pour but de couper le fer dégrossi en morceaux de diverses longueurs, dont on forme ensuite des *trousses* ou *paquets*.

La cinquième est le *réchauffage* ou le *soudage* des trousses, et s'exécute dans des fours à réverbère, que l'on nomme *fours à réchauffer*.

La sixième et dernière, lorsqu'on n'a pour but que de fabriquer du fer marchand ordinaire, est le *laminage*. Elle consiste à comprimer d'abord les trousses entre des cylindres *ébaucheurs*, que l'on nomme aussi *dégrossisseurs marchands*, pour les souder complètement et en réduire les dimensions, puis à les porter aux *laminoirs marchands*, pour les étirer en barres de dimensions voulues.

Ces barres sont dressées pendant qu'elles sont encore rouges, ou du moins très chaudes. Lorsqu'elles sont refroidies, on les met en magasin pour être ensuite livrées au commerce.

Lorsqu'on veut obtenir du fer d'une qualité supérieure à celle du fer marchand, on recoupe encore ce dernier à la cisaille, et l'on en forme des trousses, soit d'une même espèce de fer, soit de fers mélangés. Ces trousses sont soudées dans un four à réchauffer, et ensuite étirées au laminoir.

Les fers de petit échantillon se fabriquent au moyen de cylindres cannelés de moindres dimensions que les laminoirs marchands, et dont l'ensemble se nomme *petit mill* ou *petit laminoir*. On recoupe des barres carrées de gros fer pour en former des bidons, que l'on réchauffe et que l'on étire immédiatement au petit mill.

Enfin, lorsqu'on veut faire de la tringle ronde ou carrée, on continue l'étirage du petit mill entre de très petits cylindres cannelés, que les Anglais nomment *gid-rolls* (*guid-rolls*), nom qui peut se traduire par *laminoir à tringles* ou à *baguettes*.

Telles sont les opérations qui caractérisent la méthode anglaise; et les

usines dans lesquelles elles s'exécutent portent le nom de *forges à l'anglaise*.

Les tôleries, les espatards et les fenderies entrent aussi dans la composition de ces forges, mais n'appartiennent pas exclusivement à leur méthode de travail.

DISPOSITIONS DES FORGES A L'ANGLAISE.

Les forges à l'anglaise exigent un vaste emplacement non seulement pour les machines, les laminoirs et les fours, mais encore pour les divers travaux qui en sont inséparables. En créant de tels établissements, il faut autant que possible calculer l'extension dont ils sont susceptibles, et disposer à l'avance les constructions de manière qu'elles puissent y suffire.

Un bâtiment de forge à l'anglaise se compose ordinairement d'une halle de forme rectangulaire et très spacieuse, autour de laquelle sont établis des hangars ou appentis. L'intérieur de la halle est occupé par les machines motrices et par les machines de fabrication, c'est-à-dire par les marteaux, cisailles et cylindres de toute espèce. Sous les hangars, ou à l'extérieur de la halle, sont placés les fours, les tons, les chaudières des machines à vapeur, si l'on en fait usage, et les magasins de fer fabriqué.

La longueur de la halle dépend du nombre d'équipages de laminoirs ou de cylindres qu'on veut établir. Une forge complète exige de 70 à 80 mètres de longueur; la largeur doit être telle que, de chaque côté des laminoirs pour finir les fers en barres, on puisse disposer d'un espace libre de 10 à 12 mètres. La largeur des hangars, selon la disposition des fours, doit être de 6 à 8 mètres intérieurement.

Au reste, un excédant d'espace n'est jamais nuisible dans des usines de ce genre, à cause du mouvement qui y règne en tous sens; et mieux vaut en prendre plus que de se restreindre dans les limites du strict nécessaire.

Soit que l'on emploie comme moteurs des machines à vapeur ou des roues hydrauliques, il est convenable d'en établir deux, entre lesquelles on repartit le travail. Par cette disposition, le chômage de l'usine, en cas d'accident ou de réparation à l'une des machines, n'est que partiel, et l'on peut reporter toute l'activité du travail sur les équipages dont la marche n'est pas arrêtée.

Afin que tous les équipages puissent marcher simultanément, il faut éviter autant que possible de les placer l'un devant l'autre, ou du moins,

dans ce cas, laisser entre les lignes tout l'espace nécessaire au travail et à la libre circulation.

Les fours doivent toujours être placés à portée des industries qu'ils desservent : ainsi les fours à puddler doivent être groupés autour du marteau et des cylindres préparateurs, les fours à réchauffer à proximité des laminoirs marchands et du petit mill, etc. Entre les fours à puddler ou à réchauffer et les marteaux ou laminoirs, on établit des lignes de plaques de *trainage* ou *coursières*, sur lesquelles on traîne les loupes ou les barres chaudes.

Selon la disposition des industries dans la halle, les cisailles sont établies au dedans ou au dehors; dans tous les cas, il faut les placer de manière qu'elles ne gênent pas le service. Lorsqu'on les éloigne des moteurs, on leur transmet le mouvement par des tirandes et des renvois souterrains.

Les fineries sont toujours dans un bâtiment séparé de la forge, et leur machine soufflante est mise en activité soit par une des machines motrices de la forge, soit par une machine particulière, ce qui est préférable, parce qu'il est plus facile de régler le vent, de le régulariser, et que les fineries ne sont pas ainsi soumises aux intermittences de travail ou aux chômages.

Lorsque les hauts-fourneaux qui produisent tout ou partie des fontes nécessaires à la forge sont situés à proximité, les fineries les accompagnent et reçoivent le vent de leurs machines soufflantes.

Les accessoires inséparables d'une forge, sont : un atelier de forge et d'ajustage pour l'entretien des outils et machines; un atelier de charpente et menuiserie pour les réparations de charpente, l'entretien des chariots, voitures, etc., et pour la confection des modèles dont on peut avoir besoin; une briqueterie ou un magasin de briques et terres pour la construction et l'entretien des fours; un magasin pour la réception et le pesage du fin métal; des emplacements pour déposer les fontes et le charbon, pour faire le coke nécessaire aux fineries, et pour recevoir les scories ainsi que les résidus des fourneaux.

Il est utile d'avoir une petite fonderie pour faire au moins les pièces qui sont le plus exposées à casser, et faite desquelles une partie du travail peut se trouver arrêtée.

Lorsqu'on fait usage de machines à vapeur, et que l'on n'a pas une affluence d'eau suffisante pour leur service, il faut construire un vaste réservoir dans lequel l'eau va se refroidir pour être ensuite réemployée.

Enfin, à défaut de fontaine pouvant donner l'eau à environ 60 centi-

mètres au-dessus du sol, il faut établir une pompe pour donner l'eau aux fineries, au centre des masses de fours, et dans les divers points de l'établissement où elle est nécessaire.

Les *fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. 12*, représentent les dispositions générales de l'usine de Decazeville (Aveyron), que l'on peut citer comme un établissement modèle et complet en ce genre (1).

La description de cette planche fait connaître avec détails l'emplacement des divers appareils et machines.

DES FINERIES.

Les fineries sont des foyers dans lesquels on fait subir à la fonte, destinée à être convertie en fer, une fusion qui a pour but de la débarrasser d'une partie des substances étrangères, et de la blanchir. Cette opération est un véritable mazéage, et de là vient que les fineries sont aussi désignées sous le nom de *mazeries à l'anglaise*. Le produit des fineries se nomme *fonte mazée* ou *fin métal*.

Une finerie est un creuset rectangulaire *cc*, *fig. 1 et 2, Pl. 13*, dont trois bâches en fonte *a, b, b*, forment les parois postérieures et latérales. Le devant du creuset est fermé par une forte plaque *hh*, que l'on nomme *laiterol* ou *plaque de chio*, dans laquelle est réservée une échancrure *o* pour laisser écouler la fonte et les scories. Les bâches, fermées hermétiquement, sont constamment remplies et alimentées d'eau froide, afin de résister plus long-temps à l'action de la chaleur. Le creuset est renfermé entre quatre piliers en fonte *A, A*, qui portent un cadre supérieur en fonte composé de plaques *dd, ee*, sur lesquelles s'élève une cheminée ou hotte en briques. Sur les bâches latérales ou de *contrevent* reposent des plaques de tuyères *pp*, dont les ouvertures *O, O* servent de passages à des tuyères par lesquelles le vent est lancé dans le creuset.

Les anciennes fineries n'avaient que trois tuyères placées sur l'un des côtés, et elles étaient accessibles par les trois autres; les nouvelles fineries ont quatre ou six tuyères formant deux rangs opposés, et ne sont libres que du côté du laitierol et de la bache de derrière ou de *rustine*. Ces dernières dispositions sont presque les seules en usage aujourd'hui, parce qu'elles sont beaucoup plus avantageuses que celle des fineries à un seul rang de tuyères.

(1) Cette usine a été créée sous la direction de M. Cabrol, ancien capitaine d'artillerie.

Le vent est amené par des conduits en fonte TT, et distribué aux tuyères par des boîtes à vent, comme l'indique la Pl. 14.

Les bâches qui forment le creuset reposent sur une aire FF, fig. 2, Pl. 13, en briques réfractaires placées de champ, sont posées sur un mortier clair ou coulis d'argile réfractaire, et leurs joints sont lutés avec le même mortier, en sorte que les matières liquides renfermées dans le creuset ne peuvent s'en échapper que par le *chio* ou *floss* o.

En avant du creuset est une lingotière en fonte composée de plusieurs parties jointives I, I', fig. 1, 2, 3 et 4; c'est dans cette lingotière, dont l'extrémité est fermée avec de la terre grasse battue, qu'est reçue la fonte en fusion. On l'y laisse solidifier, puis, presque rouge encore, on la plonge dans une bache à eau nn, placée à la suite de la lingotière.

Les fineries, au nombre de deux, trois ou quatre, selon l'importance de la forge qu'elles doivent desservir, sont placées dans un bâtiment ou sous un simple appenti. Elles doivent être espacées d'au moins 4 mètres d'axe en axe pour que leur service soit facile, et mieux vaut encore les espacer de 5 à 6 mètres lorsque l'emplacement le permet.

Dans les fineries à quatre tuyères, les dimensions du creuset varient de 0^m75 à 0^m82 pour la largeur, et de 1^m20 à 1^m30 pour la longueur.

Dans les fineries à six tuyères, la largeur du creuset varie de 0^m90 à 1^m, et sa longueur de 1^m25 à 1^m40.

La profondeur du creuset se règle selon la nature des fontes, en faisant la sole ss. Elle est de 0^m20 à 0^m22 pour les fontes difficiles à affiner, telles que les fontes grises; on lui donne de 0^m28 à 0^m30 pour les fontes blanches, et pour toutes celles dont l'affinage est facile.

Généralement on fait la sole horizontale, mais il est avantageux de l'incliner un peu vers le laitierol, afin de faciliter la sortie de la fonte et des laitiers.

On ne fait usage, pour les fineries, que de tuyères à eau, semblables à celles des hauts-fourneaux; ces tuyères, représentées Pl. 14, fig. 10 et 11, sont composées d'une double enveloppe en tôle forte, dont l'intervalle est rempli et alimenté d'eau froide, afin qu'elles ne brûlent pas trop promptement. Leur inclinaison dépend de la fonte que l'on traite; elle varie de 8 à 12 degrés pour les fontes difficiles à affiner, et de 22 à 25 degrés pour les fontes tendres à l'affinage. On la règle au moyen d'un petit muret en briques que l'on construit sous le plat de la tuyère, comme on le voit fig. 1, 2 et 5, Pl. 14.

Pour les fontes demi-dures à l'affinage, on fait usage de profondeurs moyennes du creuset, et d'inclinaisons moyennes des tuyères.

Presque toujours on mélange les fontes pour charger le creuset, et, dans ce cas, il est avantageux de donner des inclinaisons différentes aux tuyères de côtés opposés. M. Walter a fait usage de cette disposition avec succès aux forges de Terrenoire, en dirigeant le vent de l'un des rangs de tuyères vers le milieu de la hauteur du côté opposé, et celui de l'autre rang vers le milieu de la surface du bain métallique. Il en résulte une fusion plus prompte, un mazéage plus rapide, une moindre consommation de combustible, et un déchet moins considérable.

On avance les tuyères de 0^m10 à 0^m12 dans le creuset, afin qu'elles plongent légèrement dans le bain de scories; on ne doit jamais les faire plonger dans le bain de fonte.

Les buses s'engagent dans les tuyères jusqu'à 0^m12 à 0^m15 de l'œil; leur diamètre varie de 30 à 35 millimètres pour fonte blanche, et de 35 à 42 millimètres pour fonte grise. L'œil des tuyères doit avoir une section un peu plus grande que celle des buses; souvent on le fait double et même triple, sans qu'il paraisse en résulter aucun inconvénient, mais il est préférable de ne pas lui donner un diamètre beaucoup plus grand que le diamètre extérieur de la buse, pour que le vent ne puisse être refoulé, et ne se perde pas par le pavillon de la tuyère.

Les Pl. 13 et 14, et leurs descriptions, indiquent les dispositions et tous les détails de construction d'une finerie.

DES FOURS.

On fait usage, pour le travail du fer par la méthode anglaise, de deux espèces de fours, les fours à puddler et les fours à réchauffer. Les uns et les autres sont du genre de ceux que l'on nomme *fours à réverbère*, parce qu'ils sont recouverts d'une voûte qui réfléchit la chaleur sur l'aire du fourneau. Leurs parties principales sont la *chauffe* QQ, fig. 2 et 3, Pl. 15, l'*aire* SS, sur laquelle s'établit la sole, et la cheminée DD. La chauffe et la sole sont recouvertes d'une voûte qui s'abaisse successivement jusqu'à l'ouverture de la cheminée.

Sauf les dispositions et les dimensions intérieures de ces deux espèces de fours, leur construction, ainsi que celle de leurs cheminées, sont tout-à-fait les mêmes. Comme ils doivent résister à une très haute température, toute leur paroi intérieure est construite en briques réfractaires. Cette paroi,

à l'exception de la voûte, est environnée d'une maçonnerie en briques ordinaires, que l'on nomme *revêtement*.

Afin d'opposer une résistance suffisante à l'action destructive de la dilatation, et de donner un appui invariable à la voûte, on soutient la maçonnerie extérieure par des armatures en fer et fonte. Ces armatures se composent ordinairement de plaques de fonte qui recouvrent tout le pourtour du fourneau. Leur pied est scellé solidement dans la terre ou dans la maçonnerie de fondation, et elles sont retenues à leur partie supérieure par des barres à boulons passant par-dessus la voûte.

Quelquefois on se borne à maintenir les maçonneries par de simples plaques d'appui MM, *fig. 3*, Pl. 16, placées de distance en distance, ou même par de simples montans en fer, mais, dans ce cas, il faut donner plus d'épaisseur à la maçonnerie extérieure.

La cheminée a toute sa paroi intérieure en briques réfractaires, et son revêtement extérieur en briques ordinaires. Sa base, ayant comme le four à supporter une forte chaleur, doit être consolidée par des plaques en fonte qui forment en même temps support pour la partie supérieure.

Toute la construction d'un four, et surtout celle de la cheminée, doit être faite avec soin et beaucoup de solidité. Nous renvoyons à cet égard, ainsi que pour la connaissance de tous les détails, aux diverses planches de fourneaux et à leurs descriptions.

La grille de la chauffe est composée de barreaux mobiles en fer, afin qu'on puisse les écarter pour faire tomber les escarbilles, nettoyer la grille après chaque opération, et faire varier au besoin l'activité du tirage. Dans la plaque *h* qui garnit le bout du four, et qui est représentée séparément, *fig. 23* et *24*, Pl. 15, on laisse trois ou quatre ouvertures *o, o*, par lesquelles le chauffeur introduit son ringard pour nettoyer la grille ou soulever le charbon. Ces ouvertures servent aussi à chauffer des barres de fer nommées *crosses* ou *gouverns*, dont on se sert pour cingler les loupes. A défaut de ces ouvertures, on laisse un vide d'environ 5 centimètres au-dessus des barreaux.

On introduit le combustible sur la grille par une ouverture latérale T, *fig. 1* et *2*, que l'on nomme *tisard* ou *gueulard*. Lorsque la grille est chargée, on bouche le tisard avec de la bouille pour fermer l'accès à l'air. Souvent on pratique à côté du tisard deux ou trois trous *o, o*, *fig. 33*, par lesquels on fait chauffer les gouverns. Le tisard doit être évasé en dedans et en dehors, pour que l'on puisse mieux répandre le charbon sur la grille.

L'aire SS est quelquefois en briques réfractaires posées de champ, mais plus généralement en fonte. Dans le premier cas, elle repose sur un massif ou sur une voûte en maçonnerie; dans le second, elle est composée d'une ou plusieurs plaques reposant sur le pourtour du four. Le dessous de ces plaques est vide, et on y laisse un accès à l'air, afin qu'étant rafraîchies en dessous, elles cèdent moins à l'action de la chaleur.

Au bas de la cheminée, ou quelquefois dans une partie même du four, on ménage une ouverture *t*, *fig. 1*, que l'on nomme *floss*, et qui est destinée à laisser écouler les scories.

L'aire se rétrécit vers la cheminée, et la voûte s'abaisse pour former un passage plus étroit que l'on nomme le *rampant*; c'est par ce passage que la flamme s'introduit dans la cheminée, en même temps qu'elle est rabattue vers le *floss* pour maintenir les scories liquides.

Entre l'aire et la grille est un muret P' que l'on nomme pont de *chauffe* ou *autel*; et dans les fours à puddler seulement, se trouve, près du rampant, un autre petit muret P'' que l'on nomme pont de *rampant* ou de *floss*. Ce muret disparaît quelquefois entièrement lorsque l'aire est revêtue de sa *sole*, et laisse écouler les laitiers vers le *floss*.

Chaque four doit avoir sa cheminée séparée, et lorsqu'on réunit deux fours avec une cheminée commune, cette dernière doit avoir deux gaines séparées par une languette en briques réfractaires, afin qu'on puisse régler le tirage de chaque four à volonté.

La hauteur de la cheminée est ordinairement de 11 à 12 mètres pour les fours à puddler, et de 10 mètres environ pour les fours à réchauffer qui n'ont pas besoin d'un tirage aussi fort. Le sommet de ces cheminées est recouvert d'une plaque mobile en fonte que l'on nomme *registre*, et au moyen de laquelle on règle la marche du four dans les diverses périodes du travail.

Les cendriers des chauffes doivent présenter un accès libre à l'air; il est avantageux de les faire assez profonds pour que la chaleur des escarbilles ne se fasse pas trop sentir à l'air qui arrive sous la grille, sans quoi cet air se dilate, et la combustion ainsi que le tirage s'en trouvent ralentis. Dans quelques usines, on jette ou l'on fait arriver de l'eau dans le cendrier, pour se mettre à l'abri de ces inconvénients en éteignant les escarbilles à mesure qu'elles tombent.

La porte de travail des fours à puddler et à réchauffer est toujours un

peu plus rapprochée de l'autel que du rampant, particulièrement dans les premiers, parce que le brassage du métal doit se faire sous l'influence de la plus haute température. Cette porte se manœuvre au moyen d'un levier avec ou sans contre-poids. A sa partie inférieure est un *regard* ou petite ouverture par laquelle l'ouvrier introduit ses outils pour travailler, et voit la marche de ses opérations. Ce regard se bouche avec une petite plaque en fonte pendant les interruptions de travail.

Les portes de fours sont faites en forme de caisses, et sont garnies intérieurement d'un placage en briques réfractaires pour qu'elles puissent résister au feu.

Entre les fours à puddler et le marteau ou les cylindres dégrossisseurs, de même qu'entre les fours à réchauffer et les laminaires, on établit des plaques coursiers en fonte, sur lesquelles on traîne le fer au sortir des fours.

Malgré la ressemblance des fours à puddler et à réchauffer, et toutes les parties qui leur sont communes, ces fours présentent dans leurs dispositions des différences assez essentielles, parce que leur but n'est pas le même. Il est donc nécessaire de faire connaître les principes de ces dispositions pour chacun d'eux.

Fours à puddler.

Les fours à puddler sont ceux dans lesquels on affine la fonte ou le fin métal, pour les convertir en fer ductile.

Ces fours doivent être construits de manière, 1°. que la flamme ne contienne plus de carbone ou le moins possible en arrivant au-dessus de la sole; cette condition, essentielle pour que la fonte se décarburé et pour que l'affinage marche convenablement, ne peut jamais être remplie entièrement; 2°. à produire une chaleur assez forte pour mettre la fonte qui est sur la sole dans un état de fusion pâteuse, et même de fusion complète au besoin; 3°. que la sole soit chauffée aussi uniformément que possible dans toute son étendue; 4°. que la vitesse de la flamme soit ralentie dans la capacité du four, afin que la chaleur soit mieux utilisée, et qu'elle reprenne une grande vitesse à son entrée dans la cheminée, pour que le tirage soit vif et maintienne l'activité de la combustion; 5°. à soustraire le métal affiné à une action trop oxydante de l'air qui échappe à la combustion.

La première condition est remplie suffisamment en plaçant la grille assez au-dessous du plan de la sole pour que le carbone se brûle en majeure

partie avant que la flamme entre dans le four. Cette différence de hauteur dépend principalement de la qualité des houilles. Si l'on fait usage de houilles grasses, on place la grille de 25 à 27 centimètres au-dessous du plan de la sole supposée nouvellement faite. Cette dernière s'élève ordinairement de 8 à 10 centimètres au-dessus de l'aire en briques ou en fonte. Si l'on se sert de houilles demi-grasses, on place la grille à 20 ou 22 centimètres plus bas que la sole.

Le pont de chauffe ou l'autel ajoute à la hauteur que doit parcourir la flamme avant d'arriver au-dessus de la sole. Pour les houilles grasses, on élève le pont jusqu'à 50 ou 55 centimètres au-dessus de la grille; si la houille est moyenne, la hauteur du pont au-dessus de la grille n'est que de 42 à 45 centimètres.

La grille ne doit être ni trop petite ni trop grande. Trop petite, elle est trop chargée de combustible, la combustion se fait mal, et la flamme n'est pas assez dépouillée de carbone. Trop grande, la combustion est lente, une trop grande quantité d'air non brûlé passe dans le four, et la flamme, devenant trop oxydante, augmente les déchets.

Les plus grandes dimensions de grilles sont de 1^m35 de longueur sur 1^m de largeur; les plus ordinaires sont de 1^m en tous sens, et les plus petites ont 0^m90 à 0^m95 en longueur sur 0^m70 à 0^m75 en largeur. Les plus grandes dimensions de grilles correspondent ordinairement aux fours les plus spacieux et aux voûtes les plus élevées.

Les deux conditions suivantes sont remplies par la disposition de la voûte. La chaleur ayant son plus grand degré d'intensité au sortir du foyer, la plus grande hauteur de voûte doit correspondre au dessus de l'autel. Elle est de 40 centimètres environ au-dessus de cette partie, pour les houilles grasses, et de 30 à 32 centimètres pour les houilles moyennes. A partir du pont, la chaleur diminuant d'intensité, la voûte doit s'abaisser successivement pour que toutes les parties de la sole reçoivent une température égale à celle de la partie voisine du pont. Elle laisse à l'entrée du rampant une ouverture dont la hauteur varie de 20 à 35 centimètres.

On satisfait à la quatrième condition en élargissant la sole vers son milieu, et en la resserrant près du rampant. On lui donne la forme d'un double trapèze, dont la partie antérieure ou du côté de la porte forme une embrasure qui permet à l'ouvrier de porter ses regards et ses outils sur tous les points de la sole. La partie postérieure est légèrement arrondie près du rampant, ou un peu concave.

Les dimensions des soles sont :

	Pour grands fours.		Pour moyens fours.		Pour petits fours.	
Longueur.....	2 ^m	à 2 ^m 30	1 ^m 80	à 2 ^m	1 ^m 55	à 1 ^m 75
Plus grande largeur....	1 ^m 50	1 ^m 62	1 ^m 20	1 ^m 30	1 ^m 15	1 ^m 25
Largeur à l'autel.....	1 ^m 00	1 ^m 10	0 ^m 90	0 ^m 95	0 ^m 80	0 ^m 90
Largeur au rampant....	0 ^m 60	0 ^m 65	0 ^m 60	0 ^m 65	0 ^m 60	0 ^m 65

La dernière de ces dimensions est à peu près constante, parce que, dans tous les cas, le tirage doit avoir la même activité; les autres dépendent surtout de la nature de la houille : elles peuvent être d'autant plus grandes, que ce combustible est plus gras et produit une flamme plus abondante et plus longue.

Le rapport de la surface de la sole à celle de la grille est assez généralement de 3 à 1; mais il paraît qu'on peut s'en écarter un peu en plus ou en moins, sans changement sensible dans la marche du fourneau. Ainsi, il y a des fours dans lesquels ce rapport est de 55 à 10, tandis que dans d'autres il n'est que de 28 à 10. Ces différences se compensent du reste par la plus ou moins grande élévation de la voûte. Toutes choses égales d'ailleurs, la voûte doit être moins élevée pour les grandes soles que pour les petites.

Dans les fours à puddler, le rampant et la grille n'ont pas toujours le même axe ou ligne de milieu, et l'on porte souvent à dessein le rampant vers la paroi du fond, afin d'avoir une température plus élevée dans cette partie. On a principalement pour but, dans ce cas, d'avoir un courant moins oxidant sur la partie antérieure de la sole, pour y faire séjourner une partie des loupes lorsqu'elles sont faites. L'élévation du pont de chauffe, de 15 à 20 centimètres au-dessus de la sole, remplit le même but pour les loupes auxquelles elle sert d'abri, et par ces deux dispositions, ensemble ou séparées, on satisfait à la dernière condition indiquée.

Pour avoir un bon tirage, il faut que la section des cheminées de fours à puddler soit de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ de la surface totale de la grille. Cette section est uniforme dans toute la hauteur de la cheminée; on la fait carrée de 0^m40 à 0^m45 de côté, et quelquefois rectangulaire, en employant ces deux dimensions.

Fours doubles. Dans le but d'opérer à la fois sur une plus grande quantité de métal, et dans l'attente d'une économie de combustible, on a construit des fours ayant du même côté deux portes de travail, et que l'on désignait sous le nom de *fours doubles*. Ces portes étaient espacées d'environ 1 mètre de milieu en milieu, et dans cet intervalle, la voûte

s'abaissait un peu. La fonte se chargeait par les deux portes, et les ouvriers travaillaient simultanément. On chargeait à la fois 325 kil. de métal.

Ces fours ont été abandonnés, parce que les parties de la sole correspondantes aux deux portes étaient dans des conditions différentes de température. Le travail par la porte la plus éloignée du pont était toujours en retard sur celui de la porte plus voisine de ce pont; ou bien, pour donner à la seconde porte une température convenable, on avait un excès de chaleur à la première. Le travail était à la fois plus difficile, moins régulier, plus dispendieux en main-d'œuvre, et occasionnait plus de déchets, sans présenter d'économie de combustible.

Fours à deux soles. La nécessité d'économiser le combustible, dont le prix est élevé en France, a fait imaginer les fours à double sole représentés par la Pl. 16. Ces deux soles sont séparées par une cavité destinée à recevoir les scories; la voûte s'infléchit en ce point, se relève sur la seconde sole, et s'abaisse de nouveau vers la cheminée. L'affinage se fait sur la sole voisine du pont, et, pendant cette opération, on chauffe sur la seconde sole le métal destiné à l'opération suivante.

Ces fours présentent plusieurs avantages que l'on indiquera en parlant du puddlage, et devraient, par ce motif, être plus généralement employés qu'ils le sont.

Fours à réchauffer.

Les fours à réchauffer sont employés à chauffer le fer brut provenant des laminoirs dégrossisseurs après qu'il a été coupé à la cisaille, à souder les trousse de fer cisailé qui doivent passer aux laminoirs marchands, et à réchauffer le fer produit par ces derniers pour passer aux petits laminoirs.

Les conditions à remplir par ces fours, sont de produire une chaleur sou-dante aussi uniformément que possible sur toute la sole, sans occasionner une trop forte oxidation.

L'uniformité et le bon emploi de la chaleur s'obtiennent par des dispositions analogues à celles des fours à puddler, et l'on évite en partie l'oxidation, en chargeant la grille d'une plus grande quantité de combustible; de là résulte une flamme moins dépouillée de carbone, parce que l'air passe moins librement au travers de la grille. Cette flamme peut non seulement n'être pas oxidante, mais encore devenir désoxidante si elle entraîne avec elle une grande quantité de carbone.

Dans beaucoup d'usines, les fours à réchauffer ne diffèrent pas ou diffé-

rent peu des fours à puddler; mais l'expérience a démontré que pour l'uniformité du réchauffage, il était préférable d'employer de longues soles que des soles trop variables en largeur. La Pl. 22 représente un four ainsi disposé, et dont les résultats sont avantageux à tous égards.

Les plus grandes grilles de fours à réchauffer ont 1 mètre de longueur sur 0^m80 de largeur; plus généralement, ces dimensions sont respectivement de 0^m90 à 0^m95, et de 0^m70 à 0^m75.

Le rapport entre la surface de la grille et celle de la sole est de 10 à 25 ou de 10 à 30 au plus, et en général un peu plus grand pour les fours à réchauffer que pour les fours à puddler, parce que chaque point de la sole doit parvenir à la chaleur soudante.

La hauteur du pont de chauffe au-dessus de la sole est moindre de 4 à 5 centimètres que celle du pont des fours à puddler, afin que la flamme passe au travers des troussees réunies sur la sole. La voûte est un peu plus élevée au-dessus du pont, et plus surbaissée vers le rampant, pour rendre le chauffage plus uniforme.

Les dispositions de cendrier et de cheminée sont les mêmes que dans les fours à puddler.

L'aire des fours à réchauffer est généralement faite en briques réfractaires, posées de champ sur une voûte ou sur des plaques de fonte. Dans quelques usines, on fait encore usage d'aires en fonte recouvertes d'une couche de sable; mais cette disposition rendant l'entretien des fours plus difficile et plus dispendieux, la première est préférable.

Les fours à réchauffer n'ont pas de pont de floss, afin que les scories puissent s'écouler librement; on favorise même cet écoulement, en donnant à la sole une légère inclinaison vers le rampant.

Fours au bois et à la tourbe.

D'après les essais faits dans quelques usines, on peut se servir du bois et de la tourbe bien desséchés, soit pour le puddlage, soit pour le réchauffage du fer, mais alors la construction des fours doit être modifiée ainsi qu'il suit :

1°. La grille doit avoir environ moitié plus de surface, la grandeur de la sole restant la même, et sa profondeur au-dessous de la sole doit être portée à 50 ou 55 centimètres;

2°. La voûte doit être très surbaissée, et sa plus grande élévation au-dessus de la sole ne doit pas excéder 35 à 40 centimètres;

3°. La hauteur de l'ouverture au rampant doit être de 15 à 16 centimètres, la largeur restant la même.

4°. La hauteur du pont au-dessus de la sole doit être de 10 à 12 centimètres au plus.

Les essais n'ayant été nulle part assez prolongés pour que l'on ait pu étudier les meilleures formes et dimensions à donner aux fours, on ne doit regarder les données ci-dessus que comme des indications approximatives.

DES MARTEAUX.

On fait généralement usage, dans les forges à l'anglaise, du marteau *frontal*, c'est-à-dire du genre de marteaux dont le soulèvement s'opère par l'extrémité antérieure du manche.

Ces marteaux, représentés Pl. 17, se composent d'un long manche tout en fonte MM, *fig. 1* et 2, faisant corps avec sa *croisée* GG. Cette dernière est munie de tourillons sur lesquels s'exécute le mouvement de rotation, et repose sur des supports à une hauteur telle, que le dessus du manche soit horizontal lorsque le marteau est au repos sur l'enclume.

Dans la tête du manche est pratiqué un *œil* ou *lumière* o, dans lequel s'engage la queue du marteau P.

Ce marteau, vu en dessous, *fig. 9*, Pl. 18, et en élévation, *fig. 10*, a sa panne composée de trois parties : l'une, *t*, que l'on nomme *table*, et sur laquelle on commence à cingler la loupe au sortir des fours à puddler; la seconde, *p*, qui sert à rassembler le fer et à le parer; et la troisième, *r*, qui sert particulièrement pour l'étirage. Ces deux dernières parties sont des reliefs prismatiques présentant la forme d'un T, et sont disposées perpendiculairement l'une à l'autre, de manière que l'ouvrier n'a pas besoin de changer de place pour ses différentes opérations.

L'enclume Q, *fig. 1*, Pl. 17, a sa panne composée de parties exactement semblables, et coïncidant avec les parties correspondantes du marteau.

L'enclume est fixée sur une pièce de fonte très lourde HH, que l'on nomme *chabotte*, et qui repose elle-même sur une forte plaque en fonte KK.

La tête du marteau porte deux oreilles E, E, ou quelquefois une seule du côté du marteleur, pour refouler les bouts de la pièce.

Le marteau est soulevé par des cames CC au nombre de cinq, fixées sur

une forte bague en fonte, laquelle est mise en mouvement par un arbre également en fonte.

Tout le système est monté et solidement boulonné sur trois ou quatre lits de charpente, dont l'élasticité, détruisant une partie de l'effort que produit le choc, obvie aux ruptures, qui, sans cela, seraient beaucoup plus fréquentes. Cette charpente fatigue beaucoup, et il est nécessaire que la chabotte soit placée sur une grande et forte plaque, pour que le bois ne se réduise pas en fibres isolées par l'effet de la percussion.

Sous la charpente est un massif de maçonnerie très solide, construit avec de forts libages équarris et réglés par assises.

L'arbre de la bague représenté Pl. 18, *fig.* 19 à 23, porte à l'une de ses extrémités A une manivelle M, *fig.* 24 et 25, qui reçoit le mouvement de la bielle d'une machine à vapeur. Sur ce même arbre est placé en V, un volant de 5^m45 de diamètre, dont la jante pèse environ 6,500 kil. Ce volant puisant est indispensable pour la continuité et la régularité du martelage.

Le poids du manche de marteau est de 3,500 kil., et le marteau lui-même pèse 400 à 425 kil., mais les cames ne soulèvent qu'environ la moitié du poids total. Le poids de la chabotte, ainsi que celui de la bague à cames, est d'environ 4,000 kil., et ne peut être moindre, sans que l'effet des chocs nuise à la marche du marteau et à la durée de la construction.

Le marteau frappe 80 à 90 coups par minute, et sa levée est de 35 à 40 centimètres.

On fait quelquefois usage de manches dont le poids est de 4,000 à 4,500 kil., mais il résulte de l'emploi de masses aussi lourdes, des ruptures de manche ou de marteaux beaucoup plus fréquentes, et l'on est obligé, pour obtenir la continuité et la régularité du mouvement, de placer le volant sur un second arbre, et de doubler à peu près sa vitesse. Le cinglage de fer ne se fait pas mieux, et souvent la loupe vole en éclat, ce qui occasionne plus de déchets et oblige à réchauffer le fer.

On voit, par les *fig.* 1 et 2, Pl. 17, que le manche est renforcé en hauteur et en largeur près de la tête, ou plus exactement vers le point que l'on nomme *centre de percussion*. Ce renfort est nécessaire pour éviter les ruptures, qui se font presque toujours en ce point, et pour augmenter l'effet de la percussion sur le fer.

Dans quelques grandes usines, on a deux marteaux cingleurs, afin que le travail ne soit pas arrêté en cas de rupture de l'un d'eux. Dans ce cas, on les place des deux côtés de la bague à cames, et cette dernière porte deux rangs

de cames. On la fait tourner d'un côté ou de l'autre, selon que l'on veut se servir de l'un ou de l'autre marteau, et il n'y a jamais qu'un marteau en mouvement.

Pour arrêter le marteau sans arrêter la machine motrice qui souvent sert à d'autres usages, on saisit le moment où il parvient à sa plus grande levée, qui excède toujours un peu celle que lui donneraient les cames marchant lentement, et l'aide-marteleur le soutient dans cette position, en plaçant debout, entre l'une des oreilles et la chabotte, une barre de fer que l'on nomme *valet*, *bonhomme* ou *servante*. Pour remettre le marteau en train, il suffit de présenter sous son mentonnet *a* une plaque de fer enmanchée en bois. Au passage de la came, le marteau est un peu soulevé, l'aide-marteleur enlève le valet, et le marteau retombe sur l'enclume.

Lorsqu'on veut étirer le fer au marteau, ce qui ne se pratique que sur certaines pièces que l'on veut corroyer pour quelques parties de machines ou pour quelque fabrication spéciale, on se sert de *martinets frontaux*. Ce sont des marteaux en tout semblables aux marteaux cingleurs, mais plus légers et marchant plus vite.

Le poids du manche n'excède pas dans ce cas 2,000 kil.; les pannes de marteau et d'enclume ont la forme particulière à l'usage qu'on en veut faire, et la vitesse de percussion varie de 140 à 180 coups par minute.

Dans quelques usines, le soulèvement de ces martinets ne se fait pas par la tête, mais près du renflement inférieur du manche. La bague à cames est placée sous le manche, et dans le même sens, et les cames le soulèvent par un mentonnet assez saillant pour que le manche puisse retomber sans toucher à la bague.

Le nombre de cames varie de deux à quatre, et la levée du marteau excède rarement 16 à 20 centimètres.

Cette disposition a l'avantage d'exiger moins de place, de laisser libre tout le pourtour du marteau, mais elle oblige à allonger le manche pour qu'il ne bascule pas, ou à employer des supports à chapeaux, et paraît occasionner de plus fréquentes ruptures.

DES CISAILLES.

Les cisailles ne sont autre chose que de très forts ciseaux à deux lames, dont on se sert, soit pour couper en morceaux le fer avec lequel on veut

préparer des trousses, soit pour *affranchir* les barres fabriquées, c'est-à-dire en rogner les bouts, qui sont toujours défectueux.

Ces outils, représentés par la Pl. 21, se composent d'une partie fixe solidement boulonnée sur une charpente de fondation, et portant l'axe de rotation de la cisaille; et d'une partie mobile que l'on nomme *bras* de cisaille.

Dans la partie fixe on distingue le *grand support*, que l'on nomme aussi *bloc* ou *support à semelle* AS, AS, et le *petit support* ou *poupée* B. Cette poupée est mobile entre deux ergots EE que porte la semelle SS, afin de pouvoir la faire varier, selon l'épaisseur que présente le bras de cisaille au renfort qui est traversé par l'axe de rotation.

La plus courte partie D du bras de cisaille se nomme la *tête*, la plus longue CC porte le nom de *queue* dans les cisailles disposées comme celle de la fig. 1, de *levier* dans celles que représente la fig. 10, et que l'on nomme cisailles *droites*.

A la tête et au grand support sont adaptés des couteaux en acier ou fortement acérés à leur tranchant, entre lesquels on engage les barres à couper.

On donne le mouvement aux cisailles à queue, au tirande ou bielle horizontale KL, fig. 1, dont l'autre extrémité s'adapte à une manivelle ou à une roue d'engrenage portant un bouton sur l'un de ses bras.

Quelquefois on place deux ou trois cisailles sur la même ligne, en reliant les queues par des tiges en fer articulées. Elles sont alors toutes conduites par la même bielle.

Les cisailles à queue s'emploient ordinairement à rogner les tôles et à affranchir les fers dont l'épaisseur ne dépasse pas six à sept lignes. Par la manière dont le mouvement leur est donné, elles marchent toujours, lors même qu'elles ne travaillent pas.

Les cisailles droites, beaucoup plus fortes que les premières, servent en général à couper les fers dégrossis pour en faire des trousses, et les fers finis de gros échantillons. Elles peuvent couper des fers carrés ayant jusqu'à 6 à 7 centimètres de côté.

Pour faire marcher ces cisailles, on se sert d'un excentrique circulaire lorsqu'elles ne doivent donner qu'un coup par révolution de l'excentrique; et d'une ellipse tournant sur son centre lorsqu'elles doivent donner deux coups. On peut les arrêter en plaçant un valet sous le levier, au moment où il est parvenu à sa plus grande hauteur.

Afin de pouvoir toujours couper les fers de trousse à la longueur voulue, on adapte au grand support, au moyen des trous qui y sont réservés, un arrêt contre lequel on pousse les barres à mesure qu'on les coupe. Cet arrêt peut d'ailleurs être indépendant du support.

La vitesse des cisailles est de 20 à 24 coups par minute pour les grandes, et de 30 à 40 au plus pour les petites.

Toutes les pièces des cisailles doivent être faites avec les meilleures matières, parce qu'elles ont souvent à supporter un effort très considérable.

Pour engager le fer dans les cisailles, on le présente par l'extérieur du grand support, dont le dessus forme un point d'appui invariable.

DES LAMINOIRS.

Les laminaires dont on se sert pour l'étirage du fer en barres de diverses formes et dimensions, sont tous disposés d'une manière semblable. Chaque équipement se compose de deux *cages* ou *fermes* en fonte A, A, Pl. 19, fig. 1 et 2, et fig. 1 à 5, Pl. 20, garnies de leurs vis et coussinets, et de deux ou trois cylindres superposés, portant des *rainures* ou *cannelures* rondes, plates, carrées ou en forme d'ogive, selon l'espèce de fer que l'on veut fabriquer. L'ensemble de ces cylindres forme ce que l'on appelle un *jeu*.

Les cages, coulées en fonte d'une seule pièce, varient de dimensions selon les diamètres des cylindres, et sont reliées entre elles par de forts boulons à écrous ou à clavettes, comme l'indiquent les Planches ci-dessus, ainsi que les Pl. 23 et 24. Elles sont fixées très solidement, soit sur une forte charpente de fondation, soit sur une grande plaque ou *lit* en fonte NN, Pl. 23 et 24, boulonnée elle-même sur cette charpente. Cette dernière disposition, indiquée par les fig. 9 à 11, Pl. 25, est préférable, parce que les cages ont beaucoup plus de stabilité, et que le mouvement des cylindres ne peut les ébranler, ainsi que cela arrive lorsqu'elles sont montées immédiatement sur bois. Il en résulte en outre l'avantage que l'une des fermes peut être écartée ou rapprochée de l'autre avec facilité, ce qui est indispensable lorsque les jeux de cylindres n'ont pas la même longueur.

L'espace compris entre les charpentes de support des cages ou des lits est entièrement vide, et forme une fosse qui règne dans toute la longueur des laminaires. Cette fosse reçoit l'eau dont on se sert, ainsi que les battitures; elle est d'ailleurs nécessaire pour placer les boulons d'attache et pour serrer les écrous.

On établit quelquefois les équipages de laminoirs sur une maçonnerie en pierres de taille, mais le montage sur charpente est meilleur, parce que l'élasticité du bois obvie en partie aux ruptures. Tout le pourtour de cette charpente est revêtu de maçonnerie, pour retenir les terres et pour empêcher tout mouvement latéral.

Dans tous les cas, on doit prévenir les moindres tassements, en foudant les fosses de laminoirs sur un bon massif de maçonnerie, reposant au besoin sur un grillage ou sur des pilotis.

Les *tourillons* ou *collets* sur lesquels tournent les cylindres sont placés sur des coussinets en bronze, et sont maintenus latéralement, ainsi qu'en dessus, par d'autres coussinets de même métal. Chaque cage est munie d'une vis de pression en fer, à filets carrés, se mouvant dans un écrou en bronze ou en laiton. Cette vis sert à maintenir les cylindres l'un sur l'autre, lorsque leur position a été convenablement fixée.

En général, un équipage de laminoir n'a que deux cylindres, comme l'indique la Pl. 19 pour les laminoirs dégrossisseurs, et la Pl. 23 pour les laminoirs marchands; mais lorsqu'on fabrique des fers de petit échantillon, on se sert de trois cylindres, parce qu'il faut accélérer le travail pour pouvoir étirer le fer en une seule chaude. Cette disposition, qui ne s'applique qu'aux petits laminoirs, est représentée par la Pl. 24.

Pour le dégrossissage du fer, on n'emploie souvent qu'un seul train ou équipage de laminoirs; mais pour la fabrication des fers marchands et des petits fers, on place deux, trois et même quelquefois quatre équipages à la suite l'un de l'autre, selon la force du moteur et les besoins de la fabrication. Dans les laminoirs marchands et les petits laminoirs, le jeu de cylindres le plus rapproché du moteur est disposé pour ébaucher le fer, les jeux suivans sont destinés à le finir.

En tête des équipages est placé un jeu de pignons PP, monté dans des cages à chapeau BB, Pl. 19, 23 et 24. Les axes des pignons et des cylindres correspondans sont placés sur la même ligne, et l'on établit la communication entre eux au moyen de petits arbres L, L, que l'on nomme *allonges*, et de *boîtes* ou *manchons d'accouplement* M, M.

Dans les équipages à deux cylindres, on imprime le mouvement par le pignon inférieur; dans ceux qui en ont trois, c'est le pignon intermédiaire qui est mis en communication avec la force motrice. Il est facile de voir que, par ces dispositions, les cylindres d'un équipage, pris deux à deux, tournent en sens inverse.

Les cylindres et leurs tourillons s'échauffant fortement par le contact du fer chaud et par le frottement, il est nécessaire de les rafraîchir par une aspersion d'eau. A cet effet, on place sur les fermes un chéneau ZZ, Pl. 23, *fig.* 1 et 2, dans lequel on entretient un courant d'eau fraîche; et de petits tuyaux *vx* amènent un filet continu sur les tourillons. Entre les fermes, on perce quelques petits trous dans le chéneau, pour faire arriver l'eau sur les cylindres. L'effet de cette aspersion est de conserver plus de dureté et de poli aux cylindres, de les empêcher de rompre aussi facilement, et de *décaper* les barres de fer, c'est-à-dire d'en faire détacher la couche d'oxide qui se forme par le contact de l'air.

Il est indispensable que toutes les parties d'un équipage de laminoirs soient faites en très bonne fonte; mais celle des cylindres doit être surtout très tenace, pour rendre les ruptures moins fréquentes, et à grain serré, pour que le poli s'en conserve mieux, et que l'on n'ait pas à réparer aussi souvent les surfaces travaillantes.

Montage des cylindres. Les cannelures des cylindres à fers plats s'emboîtent réciproquement, comme on le voit par la *fig.* 2 de la Pl. 24; mais celles des cylindres à fers ronds et carrés sont creusées par moitié dans les deux cylindres contigus. Les cannelures des premiers coïncident nécessairement, tandis que celles des seconds cessent de coïncider si l'un des cylindres prend un mouvement latéral. Pour obvier à ce déplacement, on fait joindre les coussinets contre les épaulements des cylindres, et on cale les empoises, ou bien on adapte aux montans des cages des vis de pression latérales *r, r*, *fig.* 2 et 6, Pl. 24, pour maintenir les empoises dans la position voulue. Cette disposition est surtout nécessaire dans les équipages à trois cylindres, dont l'ajustage est plus difficile; mais comme, malgré toutes les précautions, les vis peuvent se déranger, elle n'atteint pas parfaitement le but.

Pour maintenir la coïncidence exacte des cannelures de cylindres à fers ronds et carrés, on a imaginé en Belgique de faire emboîter les extrémités de ces cylindres à la manière de ceux qui donnent les fers plats. Cette disposition, indiquée Pl. 25, *fig.* 16, est la plus simple et la meilleure.

Il faut que les cylindres des trains de laminoirs isolés ou placés bout à bout, ainsi que les pignons qui leur transmettent le mouvement, aient leurs axes bien horizontaux et placés dans un même plan vertical. On règle leur position au moyen de vis de pression *l, l*, *fig.* 1 et 3, Pl. 23, placées sur les faces des montans. Pour les cylindres dégrossisseurs, on ne fait pas

usage de ce moyen, parce que leur ajustage n'exige pas autant de précision, à raison de l'espèce de fer qu'on veut en obtenir.

Les bouts ou tréfiles F des cylindres, ainsi que les allonges, doivent avoir un jeu de 6 à 7 millimètres dans les manchons, afin que si les cylindres se dérangent, il n'en résulte pas immédiatement rupture; et pour que la rupture, le cas échéant, porte le moins possible sur les cylindres, qui sont des pièces chères, on règle l'épaisseur des manchons de manière qu'ils cassent avant toute autre pièce.

Pour que le lamineur puisse engager les barres dans les cannelures, on place du côté de l'entrée des cylindres, et à peu près à la hauteur du fond des cannelures, une plaque HH, *fig. 1*, Pl. 20, que l'on nomme *tablier*. Cette plaque est en fonte ou en tôle forte, selon la longueur des cylindres et le poids des pièces en travail. A la sortie des cylindres, on place une autre plaque II, même *fig.* et *fig. 2*, Pl. 19, que l'on nomme plaque de *gardes*. Elle a pour but de recevoir le fer et de l'empêcher de s'enrouler autour du cylindre inférieur, ce qui arrive surtout pour les fers plats de petit échantillon; à cet effet, elle est découpée en languettes qui ont la même forme que les cannelures, et s'y engagent quelquefois à frottement doux.

Souvent dans les laminoirs marchands à fer plat, et toujours dans les petits laminoirs qui donnent cette espèce de fer, on substitue à la plaque de gardes des gardes en fer forgé, qui s'appuient dans le fond des cannelures. Ces pièces, disposées alors comme l'indiquent les *fig. 2 à 4*, Pl. 25, sont beaucoup plus commodes que les plaques dentelées.

Dans les jeux triples, *fig. 1*, Pl. 25, on adapte aussi des gardes au cylindre intermédiaire; et bien que ce ne soit pas d'un usage général, cette précaution, malgré toute l'adresse des ouvriers, n'en est pas moins bonne à prendre pour empêcher l'enroulement du fer et la rupture des cylindres.

Dans le laminage à deux cylindres, un aide-lamineur, à chaque passage, reçoit la barre à sa sortie, la repasse par-dessus le cylindre supérieur au lamineur, qui l'engage dans la cannelure suivante. Dans le laminage à trois cylindres, l'aide-lamineur, après avoir reçu la barre, l'engage entre les cylindres intermédiaire et supérieur; le lamineur la reçoit et la passe de nouveau dans les cylindres inférieurs. Pour que cette manœuvre puisse se faire, il faut que le bout de la barre, aussitôt dégagé, soit relevé à la hauteur nécessaire, ce qui se fait au moyen d'un levier à crochet manœuvré par un enfant, que l'on nomme *releveur*. Ce levier, placé du côté de l'aide-lamineur, est suspendu à une chaîne, et cette chaîne est attachée à la chappe

d'une poutre courante, qui roule sur une barre de fer placée parallèlement aux trains, dans la charpente de l'usine, en sorte que le releveur peut suivre facilement tous les mouvements des lamineurs.

Dimensions et vitesses des cylindres. Les dimensions et vitesses des cylindres varient selon les fers à produire : les premières sont moindres et les secondes plus considérables pour les petits fers que pour ceux de fort échantillon.

On proportionne aussi la vitesse à l'état du fer : ainsi, dans les laminoirs dégrossisseurs et ébaucheurs, la compression doit être un peu lente, afin de mieux chasser les laitiers, rapprocher et souder les molécules du fer. Une vitesse trop considérable donnerait non seulement un fer moins épuré, mais encore ferait rompre les barres qui ont encore peu de ténacité.

Dans les cylindres finisseurs, au contraire, le fer étant déjà épuré et sa cohésion plus grande, une plus grande vitesse n'a aucun inconvénient, et elle est même nécessaire, parce que le fer se refroidit plus promptement.

Les laminoirs dégrossisseurs ont de 1^m60 à 1^m70 de table, c'est-à-dire de longueur entre les tourillons, et 0^m48 à 0^m50 de diamètre.

Lorsqu'ils sont employés immédiatement à comprimer les loupes au sortir des fours à puddler, sans qu'elles passent sous le marteau, on leur fait faire 16 à 18 tours par minute. S'ils ne servent qu'après un martelage préalable, on porte leur vitesse jusqu'à 22 ou 24 tours.

Le poids d'une paire de ces cylindres est d'environ 4,500 kil.

Les cylindres ébaucheurs ont de 1^m45 à 1^m55 de table, et 0^m36 à 0^m40 de diamètre; ils font de 70 à 80 révolutions par minute. La paire pèse à peu près 2,000 kil.

Les cylindres marchands ont 1^m10 à 1^m20 de table, 0^m35 et 0^m40 de diamètre, la même vitesse que les ébaucheurs, et pèsent 1,500 à 1,550 kil. la paire.

Les petits laminoirs portent de 0^m65 à 0^m70 de table; leurs diamètres varient de 0^m20 à 0^m24, et le jeu de trois cylindres pèse environ 620 kil.

Leur vitesse est très variable; la moindre est de 108 à 110 tours par minute, la plus ordinaire de 120 à 150, et la plus grande de 200 tours. Les vitesses de 150 à 200 tours sont sujettes à produire de fréquents accidens, et il paraît préférable de rester dans les limites de 120 à 150 tours par minute.

Les cylindres préparateurs et ébaucheurs ne doivent pas avoir les diamètres moindres que ceux indiqués; s'ils étaient plus petits, le fer serait

plus étiré que comprimé; sa surface serait pailleuse et gercée après l'ébauchage, et ces défauts subsisteraient dans les fers finis.

Les diamètres des cylindres à fers carrés et ronds ne sont pas ordinairement les mêmes pour le cylindre supérieur et pour l'inférieur; on augmente un peu le diamètre du cylindre supérieur (de 6 lignes environ), afin que, par son plus grand développement de surface travaillante, il allonge davantage le dessus des barres, et les force ainsi à rabattre sur les gardes. Par là on évite l'enroulement du fer autour du cylindre supérieur, ce qui est un des plus graves accidens du laminage.

Dans le jeu de trois cylindres pour fers ronds et carrés, lorsqu'on fait usage des gardes inférieures et supérieures, le cylindre supérieur doit avoir le plus grand diamètre; et les deux autres un diamètre successivement moindre. On donne ordinairement 8 pouces (0^m216) de diamètre au premier, 7 pouces $\frac{3}{4}$ (0^m209) au cylindre intermédiaire, et 7 pouces $\frac{1}{4}$ (0^m205) au cylindre inférieur. Par cette disposition, le fer est toujours rabattu sur les gardes.

Quand on ne fait usage que de gardes inférieures, ainsi que cela a lieu le plus souvent, on place le cylindre de plus fort diamètre dans le milieu; les deux autres peuvent être égaux, et avoir un diamètre moindre de 3 lignes. Dans ce cas, le fer peut s'enrouler sur le cylindre supérieur, et l'ouvrier doit avoir la plus grande attention pour le saisir à sa sortie des cannelures.

Les cylindres à fers plats se composent de parties saillantes ou *rondelles*, et de *cannelures* qui s'engagent les unes dans les autres. La compression du fer se fait entre les rondelles du cylindre supérieur ou *mâle*, et les cannelures du cylindre inférieur ou *femelle*. Ce dernier a ordinairement 4 à 5 centimètres de plus en diamètre extérieur que le mâle, afin de l'emboîter. On est dans l'usage de creuser les cannelures du cylindre femelle de toute l'épaisseur des barres de fer, en sus de ce qu'il faut pour l'emboîtement. Il en résulte que le diamètre des parties travaillantes du mâle est toujours plus grand que celui des parties correspondantes du cylindre femelle, et que le fer, déjà disposé à suivre la cannelure dans laquelle il est engagé, rabat sur les gardes et ne peut s'enrouler.

Dans les petits laminoirs à trois cylindres, la femelle est placée au milieu, et les diamètres des surfaces travaillantes se déterminent aussi de manière à éviter l'enroulement du fer.

Dans quelques usines, et surtout en Belgique, on n'a pas adopté cette

différence de diamètres pour les parties travaillantes, parce que les deux cylindres ayant même vitesse de rotation, il y a frottement exercé par la surface qui a le plus de développement, frottement que l'on prétend être préjudiciable au nerf du fer, outre qu'il produirait des arrachemens. Cela peut arriver en effet si les différences de diamètres sont trop grandes.

Disposition et tracé des cannelures. Quelles que soient les dimensions des cylindres, les cannelures les plus profondes doivent être le plus rapprochées des tourillons, la résistance du métal, à diamètre égal, étant bien plus grande en ces points que vers le milieu des cylindres. Il en est de même des cannelures larges pour les fers miuces, qui, plus froids, exigent une très forte pression.

Pour les fers ronds et carrés, les cannelures diminuent successivement de grandeur en tous sens.

Pour les fers plats, on fait varier la hauteur des cannelures, en leur donnant une largeur constante pour un même échantillon, ou en augmentant légèrement cette largeur depuis la première cannelure jusqu'aux cannelures à finir. Dans le premier cas, on donne un peu d'entrée aux cannelures du cylindre femelle, c'est-à-dire qu'on les évasé un peu, afin que le fer puisse s'en dégager plus facilement. Dans le second, cet évasement n'est pas nécessaire.

La loi de décroissement des cannelures pour fers ronds et carrés ne dépend, en quelque sorte, que des dimensions de ces fers. Le décroissement des côtés ou des diamètres marche ordinairement de 2 en 2 lignes, depuis 50 lignes (maximum ordinaire) jusqu'à 24 (1); mais au-dessous de cette dimension, on ne le fait plus varier que par ligne, afin d'avoir tous les échantillons nécessaires. On modifie d'ailleurs le décroissement pour les gros fers, comme pour les petits, selon les échantillons finis qu'il faut fabriquer; mais, dans tous les cas, le décroissement des sections de cannelures ne doit pas dépasser le rapport de 15 à 11, ou le décroissement des côtés et diamètres celui de 12 à 10.

Les fers ronds et carrés de 9 lignes et au-dessous, jusqu'à 4 lignes, se font sur les petits laminoirs; et l'on fait décroître les cannelures par demi-ligne. Au-dessous de 4 lignes, on se sert des laminoirs à triangles ou gid-rolls, représentés fig. 3 et 4, Pl. 24.

(1) On se sert ici des anciennes mesures, parce qu'elles sont encore les seules usitées dans les forges pour échantillonner les fers.

On trace les cannelures carrées et rondes de manière que chacune d'elles représente exactement la moitié d'un carré ou d'un cercle; mais dans l'exécution on abat un peu les arêtes, de manière à allonger les diagonales et diamètres horizontaux, en sorte que les cannelures finies ont les formes *iklm*, *pqr*, fig. 17, Pl. 25. Le but de ces évasemens est d'empêcher que le fer, en passant d'une cannelure à la suivante, soit pincé entre les cylindres, ce qui produirait des bavures, lesquelles rendraient le fer défectueux, malgré la précaution que l'on a de faire faire un quart de révolution aux barres à chaque passage.

L'évasement pour chaque cannelure est à peu près égal à la différence entre sa hauteur et celle de la cannelure qui la précède. On laisse entre les cannelures un intervalle de 4 à 6 lignes, non compris l'évasement.

Pour les fers plats, le rapport des décroissemens successifs de sections est encore celui de 15 à 11, et quelquefois celui de 5 à 4 lorsque les machines motrices n'ont que la force strictement nécessaire, ou que le fer n'a que peu de ténacité. La largeur des cannelures étant constante ou peu variable, ces rapports sont ceux des épaisseurs successives des barres, et ils sont suivis aussi rigoureusement que le comportent les dimensions des fers à fabriquer, afin d'employer le moindre nombre possible de cannelures. On accélère ainsi la fabrication, ce qui est d'autant plus nécessaire que les fers plats se refroidissent plus promptement, et on économise le matériel très dispendieux des cylindres, parce qu'alors chacun d'eux peut porter un plus grand nombre d'échantillons.

Lorsqu'on fait varier la largeur des cannelures, l'accroissement successif est au plus égal aux $\frac{9}{1000}$ de l'épaisseur qu'a le fer avant d'y être engagé. Dans cette limite, les arêtes des barres se conservent sans gerçures, et la pression latérale dans les cannelures est suffisante pour aplatir les côtés.

Dans le cas de largeur constante des cannelures, le fer plat se fabrique avec du fer ébauché en carré, dont le côté est égal à la largeur du fer à obtenir. Dans le cas d'accroissemens successifs des cannelures, le fer carré dont on se sert a des dimensions moindres, la dépression ou l'écrasement marche un peu plus vite, et presque toujours on peut économiser une cannelure.

Le calcul du nombre de cannelures nécessaires pour obtenir un fer plat de dimensions données, est assez simple dans le cas de largeur constante.

Soit e l'épaisseur du fer à obtenir, l sa largeur ou le côté du fer carré à

employer, n le nombre de cannelures cherché, et supposons qu'on fasse usage du rapport de décroissement $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$.

La hauteur de la première cannelure sera $l\frac{1}{1\frac{1}{2}} = h$; celle de la seconde, $h\frac{1}{1\frac{1}{2}} = l(\frac{1}{1\frac{1}{2}})^2 = h'$; celle de la troisième, $h'\frac{1}{1\frac{1}{2}} = l(\frac{1}{1\frac{1}{2}})^3$,; la hauteur de la neuvième ou dernière sera $l(\frac{1}{1\frac{1}{2}})^9 = e$; d'où $e(\frac{1}{1\frac{1}{2}})^9 = l$.

Connaissant donc l et e , on en conclura le nombre n de cannelures à employer.

Supposons qu'on veuille réduire du carré de 24 lignes en plat de 24 lignes sur 6; on aura $l = 24$ et $e = 6$; d'où $6(\frac{1}{1\frac{1}{2}})^9 = 24$,

$$\text{et} \quad n = \frac{\log. 24 - \log. 6}{\log. 1\frac{1}{2} - \log. 1} = \frac{1,380 - 0,778}{1,176 - 1,041} = 4,46.$$

Lorsqu'on trouve pour n un nombre fractionnaire, on prend le nombre entier immédiatement supérieur, à moins que la fraction ne soit très petite. Dans le cas où l'on prend n plus grand, on diminue la dépression dans les dernières cannelures; et lorsqu'on réduit la valeur de n , on augmente un peu la dépression dans les premières cannelures, où le fer est à une plus haute température. Pour l'exemple donné ci-dessus, on peut prendre le nombre des cannelures égal à quatre ou à cinq, selon la force des machines et la nature du fer.

Dans la pratique des ateliers, on ne fait guère usage des tables de logarithmes pour la recherche du nombre de cannelures. On se contente de faire des divisions successives dont le rapport de décroissement est le diviseur; et le nombre de divisions que l'on a faites pour obtenir à peu près l'épaisseur voulue détermine le nombre de cannelures à employer, en même temps que chacune d'elles donne une épaisseur de fer.

Ainsi les décroissemens successifs d'épaisseur seraient ici, $24(\frac{1}{1\frac{1}{2}}) = 17,6$; $17,6(\frac{1}{1\frac{1}{2}}) = 12,9$; $12,9(\frac{1}{1\frac{1}{2}}) = 9,46$; $9,46(\frac{1}{1\frac{1}{2}}) = 6,94$; $6,94(\frac{1}{1\frac{1}{2}}) = 5,09$; et l'on voit qu'il faut quatre à cinq opérations pour obtenir à peu près l'épaisseur voulue, et par suite quatre à cinq cannelures.

Si l'on veut travailler à quatre cannelures, on peut prendre pour épaisseurs successives des barres, les nombres 16, 11, 8, 6; et pour travailler à cinq cannelures, les nombres $17\frac{1}{2}$, 13, 10, $7\frac{1}{2}$, 6.

Si, dans l'exemple précédent, on prend $\frac{1}{2}$ pour rapport de décroissement, on trouve qu'il faut employer six cannelures.

Dans le cas des cannelures variables dans les deux sens, il faut chercher à la fois l'échantillon de fer carré et le nombre de cannelures à employer. On peut y parvenir rigoureusement, mais outre qu'une exactitude mathé-

matique est inutile, le calcul est trop compliqué et trop difficile pour pouvoir être employé (1). En pratique, on prend le côté du fer carré, plus petit de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{10}$ que la largeur de fer qu'on veut avoir, et on détermine le nombre de cannelures comme précédemment. Ensuite, on répartit la différence des largeurs par progression décroissante entre toutes les cannelures. Ainsi, pour fabriquer du fer plat de 24 lignes sur 6, on prendrait du carré ébauché de 21 lignes, et il faudrait quatre cannelures dont les largeurs successives seraient $22\frac{1}{4}$, $23\frac{1}{4}$, $25\frac{1}{4}$ et 24 lignes. L'expérience est en quelque sorte le seul guide dans ces sortes d'opérations.

Lorsqu'on doit laminier des fers durs ou acérieux, le décroissement des sections de cannelures doit suivre le rapport de 5 à 4; et pour le laminage de l'acier, il ne faut pas s'éloigner du rapport de 9 à 7. Ce dernier, employé par M. Walter pour la confection des laminoirs de l'aciérie du Sault du Sabot, près Toulouse, a donné de très bons résultats.

Pour la fabrication des fers larges et minces, si l'on prenait du fer carré, il faudrait un grand nombre de cannelures, et il serait impossible de finir les barres en une seule chaude. Dans ce cas, on se sert de fer dégrossi à une largeur convenable, et dont l'épaisseur est 5 à 4 fois celle que doit avoir le fer fini.

On peut, sur les mêmes cylindres, obtenir des barres finies de diverses épaisseurs; il suffit pour cela de faire varier leur écartement.

(1) Voici ce calcul : soit e l'épaisseur et l la largeur du fer fno, x le côté du fer carré dont on part, n le nombre de cannelures nécessaire, et r le rapport de décroissement $\frac{1}{r}$ ou $\frac{1}{r}$. On a, comme précédemment, $e r^n = x$, et les épaisseurs du fer seront $\frac{x}{r}$ à la première cannelure, $\frac{x}{r^2}$ à la seconde, $\frac{x}{r^3}$ à la $n^{\text{ième}}$ ou dernière. Les élargissements successifs seront $0,09x$ à la première cannelure, $0,09\frac{x}{r}$ à la seconde, $0,09\frac{x}{r^2}$ à la troisième, $0,09\frac{x}{r^{n-1}}$ à la $n^{\text{ième}}$. La largeur primitive x sera donc devenue, à la dernière cannelure, $x + 0,09x + 0,09\frac{x}{r} + 0,09\frac{x}{r^2} + \dots + 0,09\frac{x}{r^{n-1}}$, et sera égale alors à la largeur l du fer. On a donc $x \left\{ 1 + 0,09 \left(1 + \frac{1}{r} + \frac{1}{r^2} + \dots + \frac{1}{r^{n-1}} \right) \right\} = l$; $x \left(1 + 0,09 \frac{1+r^n}{(1-r)r^{n-1}} \right) = l$; mettant pour x sa valeur $e r^n$, il vient $e r^n \left(1 + 0,09 \frac{1+r^n}{(1-r)r^{n-1}} \right) = l$, équation dont la solution donnerait diverses valeurs pour n , lesquelles, étant substituées dans l'équation $x = e r^n$, détermineraient les échantillons carrés correspondant à chaque nombre de cannelures. On voit, par cette analyse, qu'il y a plusieurs moyens de parvenir au même résultat.

Lorsque, sur un même jeu de cylindres, on doit fabriquer des fers de diverses largeurs, mais de même épaisseur, on peut supprimer la cannelure à finir de chaque échantillon, et on remplace toutes ces cannelures par une partie cylindrique *ss*, *fig. 2*, Pl. 24, que l'on nomme *polissoir*. Les cannelures règlent alors la largeur du fer, et le polissoir le met à l'épaisseur voulue. On ne fait guère usage de cette disposition que pour les fers de moins de trois lignes d'épaisseur, et la dépression qu'ils reçoivent du polissoir n'excède pas une ligne.

Pour que les arêtes des barres soient moins sujettes à s'érailler dans le passage des premières cannelures, on ne fait point celles-ci à vives arêtes dans le fond, et on y réserve un petit chanfrein, comme l'indiquent les lettres *v*, *v*, *v*, *fig. 12* et *14*, Pl. 25.

Il n'y a pas de rapport fixe entre les largeurs des rondelles et celles des cannelures. Tantôt les rondelles ont une largeur égale à celle des cannelures, tantôt une largeur des deux tiers environ. Cela dépend surtout de l'espace que peut offrir la table du cylindre, mais on donne d'autant plus de largeur aux rondelles, que les cannelures voisines sont plus profondes.

On divise ordinairement les cannelures des ébaucheurs, soit pour laminaires marchands, soit pour petits laminaires, en séries séparées par des cannelures elliptiques *z*, *z*, *z*, *fig. 1*, Pl. 24, que les ouvriers nomment *plateuses*. Celles-ci ont pour but, non seulement d'établir une distinction plus facile à saisir entre les divers échantillons, mais encore de préparer le fer à passer dans les cannelures à fers plats. On élargit ainsi et on aplatit les barres sans érailler les arêtes, et on diminue le nombre de cannelures, qui, sans cette opération, serait nécessaire pour finir le fer.

Souvent, et dans le même but, on place des cannelures plateuses sur les cylindres à fers carrés.

Voici le tracé des cannelures à fers plats, avec ou sans différence dans les diamètres des surfaces travaillantes.

Dans le premier cas, on trace une ligne *BB*, *fig. 14*, Pl. 25, que l'on considère comme la ligne primitive de contact des cylindres. D'un côté de cette ligne, on porte le rayon extérieur du cylindre mâle pour déterminer la position de son axe *AA*; de l'autre côté, on porte un rayon égal au premier ou plus grand de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{16}$, pour tracer l'axe du cylindre femelle; ce rayon se nomme le *rayon primitif* du cylindre. On porte ensuite sur la ligne *BB* les largeurs successives des rondelles et des cannelures, puis on prend les profondeurs de ces dernières d'un même côté de cette ligne. Du côté

opposé on trace l'emboitement des rondelles du cylindre femelle, lequel peut varier de 10 à 12 lignes pour les laminoirs dégrossisseurs et marchands.

Dans l'une ou l'autre manière de déterminer le diamètre primitif du cylindre femelle, les surfaces travaillantes de ce dernier, après les cannelures faites, ont un moindre diamètre que celles du cylindre mâle; mais la différence étant moins grande, lorsqu'on a pris le rayon primitif de $\frac{1}{18}$ à $\frac{1}{30}$ plus grand que le rayon extérieur du cylindre mâle, le fer est beaucoup moins sujet à se déchirer en passant dans les cannelures, et, par ce motif, il est préférable d'adopter ce tracé.

Dans le cas où les surfaces travaillantes des deux cylindres doivent avoir les mêmes diamètres, la ligne BB, *fig. 12*, étant tracée, on porte de part et d'autre des rayons égaux, puis après avoir porté sur cette ligne les largeurs des rondelles et cannelures, on trace ces dernières, de manière que la hauteur ou profondeur de chacune soit partagée en deux parties égales par la ligne primitive de contact BB.

Dans ce système, les diamètres extérieurs des cylindres ne peuvent plus être uniformes; et pour que leur emboitement soit suffisant, le diamètre doit varier pour chaque rondelle, ou tout au plus de deux en deux. Les cylindres exigent plus de main-d'œuvre pour le tournage, et sont d'une exécution plus difficile que dans le premier mode, mais s'ils présentent un avantage réel pour la fabrication, ces considérations ne doivent pas empêcher d'en adopter l'emploi.

Ce même système de tracé s'adapte aux laminoirs à trois cylindres.

Si, pour ces derniers, on veut faire usage de diamètres inégaux, on trace de la manière suivante : après avoir établi la ligne A'A', *fig. 15*, Pl. 25, comme axe du cylindre inférieur, on prend un rayon égal à 5 pouces $\frac{3}{4}$ pour déterminer la surface extérieure ou de contact DD de ce cylindre. Au-dessus de cette ligne, on porte la plus grande hauteur *mn* de cannelure, puis on prend un rayon *nl* égal au premier pour déterminer la position A A de l'axe du cylindre femelle, en sorte que les surfaces travaillantes ont les mêmes diamètres pour cette cannelure, dans laquelle l'enroulement ne peut avoir lieu vu les dimensions du fer. Les hauteurs des autres cannelures se prennent au-dessus de la ligne DD, et comme elles sont moindres que celles de la première, la plus grande surface travaillante se trouve toujours sur le cylindre intermédiaire, et fait rabattre le fer sur les gardes inférieures.

On donne au cylindre supérieur un diamètre de 7 pouces $\frac{3}{4}$, et chaque cannelure a une ligne ou une ligne et demie de moins en hauteur que la

cannelure inférieure correspondante, afin que le fer y subisse une légère dépression. L'emboîtement des cylindres est de 6 à 7 lignes. D'après ce tracé, le cylindre inférieur a 7 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre extérieur, le supérieur 7 pouces $\frac{1}{4}$, et l'intermédiaire de 9 pouces à 9 pouces $\frac{1}{2}$, selon les échantillons de fer à fabriquer. Les entr'axes de cylindres diffèrent entre eux de $\frac{1}{2}$ de pouce, mais cette différence se compense par un emboîtement inégal des dents de pignons, et par le jeu des manchons.

On peut faire varier légèrement les diamètres, en conservant toujours à peu près les mêmes rapports entre eux.

Le tracé des laminoirs dégrossisseurs se fait ordinairement comme si leur travail ne devait pas être précédé de celui du marteau, parce qu'une rupture de ce dernier peut en effet obliger à opérer ainsi. Ces laminoirs sont destinés à réduire les balles ou loupes des fours à puddler ou les lopins des marteaux, soit en barres à peu près carrées lorsque le fer ne doit être que réchauffé pour passer aux laminoirs marchands, soit en barres plates lorsque le fer doit être recoupé pour former des trousse.

Les balles ayant de 8 pouces $\frac{1}{2}$ à 8 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, la première cannelure, *fig.* 14, Pl. 25, a de 9 pouces $\frac{1}{4}$ à 9 pouces $\frac{1}{2}$ en largeur, pour que la balle ne soit pas pincée par côté, et la plus grande hauteur de sa section, formée par la réunion des deux cylindres, est de 6 pouces 6 lignes. La surface de cette cannelure est brute afin de mieux saisir la balle, ou si elle est tournée, on y fait des entailles de distance en distance pour remplir le même but. Elle est formée par deux arcs de cercles égaux.

Afin de bien rassembler les parties de la loupe sans trop la serrer, ce qui quelquefois la fait rompre, la deuxième cannelure a 7 pouces $\frac{1}{4}$ à 7 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur, et sa diagonale verticale est à peu près égale à celle d'un carré de 4 pouces de côté.

Les cannelures suivantes se règlent d'après les dimensions des fers à fabriquer, et ordinairement de manière à avoir des fers dégrossis de forme à peu près carrée, dont les côtés sont successivement 42, 36, 31, 27, 25 à 24, 20 et 18 lignes. Les profondeurs des cannelures sur chaque cylindre sont alors égales aux demi-diagonales de ces carrés, ou un peu moindres, afin que les angles des barres étant plus obtus, soient moins sujets à s'érailler.

La diagonale horizontale de chaque cannelure doit être un peu plus grande que la diagonale verticale de la cannelure précédente, afin que la barre à laquelle on fait faire un quart de révolution à chaque passage ne soit pas pincée par côté, et qu'il ne se produise pas de barbes, qui, refroidissant

plus promptement, se replie ensuite sans se souder. Ainsi la diagonale horizontale de la deuxième cannelure a 9 lignes de plus que la hauteur verticale de la première; la largeur de la troisième a 6 lignes de plus que la diagonale verticale de la seconde. Pour la quatrième cannelure et pour les suivantes, on trace la largeur de chacune égale à la hauteur de la précédente, et après que les cannelures sont creusées, on allonge les diagonales horizontales de 1 à 5 lignes, en coupant les arêtes en chanfrein d'autant plus grand, que les cannelures sont elles-mêmes plus grandes. On n'a indiqué ici les chanfreins que pour la quatrième cannelure.

Afin d'avoir des barres à angles obtus, on donne aux cannelures la forme d'une ogive double, qui se trace comme suit : Du point *b*, deuxième cannelure, *fig. 14*, avec un rayon *ab* égal à la largeur de la cannelure, on décrit un arc de cercle *ad*; de l'extrémité de la diagonale verticale avec le même rayon, un autre arc qui coupe le premier en *d*; ce point est alors le centre de l'arc *bc* qui forme un des côtés de la cannelure. L'autre côté *ac* se trace de la même manière.

Le même tracé s'applique à toutes les cannelures, et on laisse entre elles un espace de 5 à 6 lignes, les chanfreins étant coupés.

Le fer est rarement employé aux opérations ultérieures à l'état de barres carrées, et on le réduit ordinairement en barres plates de diverses dimensions, pour en composer ensuite les trousseaux ou paquets avec lesquels on fabrique le fer marchand de tout échantillon. Les dimensions de ces barres peuvent et doivent même varier, selon les échantillons usités dans chaque pays; cependant voici celles que l'expérience a indiquées comme étant généralement les plus convenables. Fers plats de 27 lignes de largeur sur 7 d'épaisseur, de 36 sur 7 à 8, de 42 sur 9, et de 48 sur 10 à 11.

Les cannelures pour fabriquer ces fers dégrossis se placent à la suite des cannelures ogives des dégrossisseurs, comme l'indique la *fig. 14*, se tracent et s'exécutent comme celles des cylindres marchands.

Le moindre rapport de décroissement des cannelures est celui de 15 à 11, et souvent l'on fait usage de celui de 16 à 10, afin de diminuer le nombre de cannelures, parce que le fer, devant être réchauffé et soudé ultérieurement, n'a pas besoin d'être exempt de gerçures à sa surface et sur ses arêtes.

L'usage le plus généralement adopté est d'avoir deux paires de dégrossisseurs qui ne diffèrent que par les cannelures plates, mais il serait préférable que l'une des deux paires portât les cannelures ogives seulement, et l'autre

toutes les cannelures plates. Les cylindres pourraient être moins longs, d'un diamètre un peu moindre, et seraient moins sujets à casser. Enfin, en montant les deux paires bout à bout, au lieu de n'en monter qu'une, on éviterait les déplacements de cylindres pour changer les dimensions des barres plates.

Lorsqu'on passe le fer au marteau, les pièces cinglées ayant environ 4 pouces de côté, on les engage de suite dans la quatrième cannelure du dégrossisseur.

Assez souvent on observe, pour les cylindres dégrossisseurs, la même inégalité de diamètre que pour les cylindres finisseurs, mais cependant cette inégalité n'y est pas aussi nécessaire, à cause du fort échantillon des fers.

Les cylindres ébaucheurs doivent faire suite aux cylindres dégrossisseurs; ainsi, supposant que ces derniers donnent des fers de trousse dégrossis de 42 lignes, 36 lignes, etc., de largeur, les séries de cannelures des ébaucheurs doivent être disposées pour recevoir des trousse de ces dimensions. Les premières cannelures ne doivent pas trop comprimer le fer, afin d'éviter des gerçures qui produiraient ensuite des défauts. Par le même motif, les décroissemens ne doivent pas être trop forts, vu surtout qu'on ne passe qu'une fois dans chaque cannelure, excepté celle où l'on doit s'arrêter avant de passer aux laminoirs finisseurs.

Toutes les cannelures sont en ogives dont le tracé est le même que pour celles des dégrossisseurs, et leur décroissement ne doit pas excéder le rapport de 15 à 11.

Trois cannelures suffisent à la première série pour amener le fer à la dimension d'environ 30 lignes de côté. On sépare ordinairement cette série de la suivante par une cannelure ovale ou plateuse *z*, fig. 13, Pl. 25, dont on fait usage pour aplatir le fer avant de le faire passer dans les cannelures longues à fer plat, et qui sert en outre à marquer la séparation des séries.

La seconde série fait suite à la première, et ses décroissemens vont jusqu'à la dimension de 10 à 12 lignes de côté, comme l'indiquent les côtes placées près de chaque cannelure.

Dans le tracé des grandes cannelures, la diagonale horizontale est égale à la diagonale verticale de la cannelure précédente, et, en outre, on abat les arêtes d'une ligne à une ligne et demie. Dans les petites cannelures, le fer, déjà plus froid, prend moins d'extension latérale; et il suffit que la

diagonale horizontale, après l'adoucissement des arêtes, soit égale à la diagonale verticale de la précédente cannelure.

Une seconde paire d'ébaucheurs est nécessaire pour aller avec la deuxième paire de dégrossisseurs, et ses cannelures sont tracées d'une manière analogue à celle qu'on vient d'indiquer.

Laminoirs à fers profilés. Les fers plats, carrés et ronds, ne sont pas les seuls que l'on puisse fabriquer au laminoir; et en disposant les cylindres convenablement, on peut en obtenir des fers de formes très variées. Ainsi les fers plats à moulures d'un seul côté se font en ébauchant et terminant ces moulures dans le fond des cannelures du cylindre femelle, comme l'indique la *fig.* 19, Pl. 25. Les cornières ou fers dont la section forme une équerre à deux branches égales, et dont on se sert pour faire les angles des chaudières à vapeur, s'obtiennent en creusant une cannelure triangulaire dans le cylindre femelle, et formant une côte de forme semblable sur le cylindre mâle, etc.

Les rails de chemins de fer se fabriquent aussi au laminoir, malgré la grande variété de leurs formes, et avec un moindre nombre de cannelures qu'on le croirait au premier aperçu. Pour donner une idée de ce travail, on a représenté, *fig.* 18, le tracé des cylindres employés à l'usine de Terrenoire, pour la fabrication des rails du chemin de fer d'Andrezieux à Roanne (Loire).

Le fer étant mis en trousse et ébauché en carré de 32 à 33 lignes, comme l'indiquent les lignes ponctuées autour de la première cannelure, est successivement comprimé dans six cannelures dont la forme se rapproche peu à peu de la section du rail fini. Ces cannelures sont creusées partie dans le cylindre supérieur, partie dans le cylindre inférieur, et disposées de manière que le fer soit retourné sens dessus-dessous à chaque passage. Comme on ne peut éviter qu'il se forme des bavures à la jonction des cylindres, les cannelures sont tracées de manière que ces bavures s'effacent en passant d'une cannelure à la suivante. A cet effet, les milieux *st*, *st* de chaque section de cannelure varient de position, et se trouvent tantôt sur la ligne de jonction BB des cylindres, tantôt en dessus ou en dessous de deux à trois lignes. Les cannelures à finir, c'est-à-dire les deux dernières, sont prises en totalité dans le cylindre inférieur, à l'exception des parties qui font saillie en dessus du plat du rail.

Afin que les cylindres ne varient pas de position, celui de dessous est terminé par des rondelles *rr*, qui s'emboîtent dans celui de dessus.

Pour faire ces tracés, il faut rapporter tous les profils de cannelures sur la section du fer ébauché dont on doit faire usage, comme on le voit à la cannelure n° 1, et régler ces profils de manière à obtenir des allongemens à peu près égaux dans toutes les parties de chaque profil, sans trop s'éloigner des rapports de décroissement précédemment indiqués, et qui, dans ce cas, ne peuvent guère être suivis avec exactitude.

Cet exemple suffit pour faire voir comment on doit opérer pour tracer des cylindres destinés à produire des fers d'une forme quelconque.

SECTION IV.

TRAVAIL DU FER.

FINAGE OU MAZÉAGE DE LA FONTE.

Le finage ou mazéage de la fonte est l'opération par laquelle on met ce métal en fusion pour le blanchir, lui enlever une partie de son carbone, et le débarrasser d'une portion des matières étrangères qu'il contient. Cette préparation, tout-à-fait semblable au mazéage que l'on pratique dans certaines forges à l'allemande, se fait par des moyens analogues, et n'en diffère que par l'espèce de combustible employé.

Nature et forme des fontes. Toutes les fontes peuvent être soumises au mazéage, mais cette opération est surtout indispensable pour les fontes grises et noires. Selon leur nature, elles sont plus ou moins difficiles à mazer, et, à cet égard, leur classement est le même que celui indiqué en parlant de l'affinage au charbon de bois (II^e Partie, Section II, page 55).

Les fontes les plus propres au mazéage, c'est-à-dire dont le travail est le plus facile, sont en général les fontes truitées. Les fontes blanches sont sujettes à engorger le creuset, et les fontes grises en dégradent promptement la sole et les parois. Assez ordinairement on mélange les fontes de manière à former un composé dont le travail soit plus régulier et les résultats plus uniformes.

La fonte destinée à être truitée dans les fineries est toujours coulée en saumons ou petits gueusets de 0^m80 à 0^m90 de longueur, pesant de 50

à 60 kil. Sous cette forme, elle est plus maniable, et s'arrange mieux dans le chargement du creuset.

Combustible. Le seul combustible employé dans le travail des fineries est le coke. Sa qualité doit varier avec la nature des fontes. Avec des fontes dures ou longues à manzer, il faut employer un coke compacte; avec les fontes tendres, un coke léger sans être friable; dans tous les cas, il doit contenir peu de cendre. On ne fait généralement usage que du coke fabriqué en plein air; celui des fours étant trop compacte et plus sulfureux.

Confection des soles de fineries. On forme la sole en recouvrant le fond du creuset d'une couche de 8 à 11 centimètres d'épaisseur, soit en calcaire pur, soit en quartz grossièrement pilé et bien battu. Au premier fondage, cette couche est pénétrée par la fonte, qui s'y solidifie et forme une masse très dure. L'emploi du quartz augmente un peu les déchets au premier fondage, mais il a l'avantage de donner une sole très peu fusible, et qui, par là, contribue à la conservation du creuset.

Quoiqu'une sole ainsi faite soit susceptible d'une durée très prolongée, on est cependant obligé de la renouveler de loin en loin, parce que le poids de la fonte agissant sans cesse contre les bâches, les fait reculer à la longue, quelque solidité qu'on leur donne. Il en résulte que les plaques de tuyères avancent dans le creuset, et sont alors exposées à fondre.

Pour obvier à cet inconvénient, on est obligé de démonter le creuset, et on en retire alors la sole qui forme un massif de fonte à demi affinée de sable et de briques. Le poids de ce massif est de 800 à 900 kil., et s'élève quelquefois à 1,500 ou 2,000 kil. On le brise en morceaux, qu'on repasse ensuite par petites parties dans les opérations subséquentes.

Pour pouvoir casser ce massif, on fait arriver de l'eau dans le creuset, aussitôt après la dernière coulée de la semaine; la sole encore rouge se crevasse en tous sens, et se brise ensuite sans beaucoup d'efforts.

On reconstruit le fond du creuset en briques réfractaires placées de champ, on remplace les bâches, et l'on refait la sole comme on l'a indiqué précédemment.

Mise à feu. La sole étant préparée, on fait du feu dans le creuset pour l'échauffer, puis on le remplit de coke jusqu'à 20 ou 25 centimètres au-dessus des tuyères, et l'on donne un vent faible pour allumer ce combustible. On opère de la même manière à la reprise du travail, au commencement de chaque semaine.

Outils de l'affineur. Il faut à l'affineur,

Douze à quinze grands ringards de 7 à 9 pieds de longueur pour travailler dans le creuset;

Trois ou quatre ringards à biseau acéré pour nettoyer les parois du creuset;

Deux crochets à poignée pour tirer les fontes au besoin, lorsque l'on charge le creuset, ou dans le commencement du travail;

Deux ringards à crochet plat pour boucher le trou de coulée;

Trois ou quatre eures de tuyères;

Un perçoir et une ou deux petites masses pour ouvrir le trou de coulée, quand il est obstrué par de la fonte figée ou en partie affinée;

Deux longues hampes à pointe pour faire la coulée;

Deux grandes pelles et deux pelles ordinaires;

Des rasses ou paniers contenant 25 à 30 kil. de coke;

Un ou deux seaux, une brouette à coffre en tôle, et une bascule ou des balances pour peser la fonte.

Tous ces outils sont semblables à ceux des hauts-fourneaux, représentés Pl. 22, *fig.* 38 et suivantes, première partie.

Chaque feu de finerie est pourvu de deux baches en fonte, dans lesquelles on rafraîchit les outils qui servent à travailler dans le creuset.

Chargement du creuset. La charge d'un feu à six tuyères est de 1,250 à 1,500 kil. en fontes dures ou longues à mazer, de 1,400 à 1,500 kil. en fontes moyennes, et peut aller jusqu'à 1,800 kil. pour les fontes tendres ou d'un travail facile. Si l'on fait des mélanges, ou si l'on n'emploie que des fontes truitées, la charge est ordinairement de 1,400 kil.

Supposant que l'on vienne de faire une coulée de fin métal, voici comment on procède au chargement. La coulée faite, on laisse agir le vent des tuyères pendant quelques instans pour nettoyer le creuset, puis le maître affineur rebouche le trou de coulée avec de la terre et du fraïsil, qu'il tasse fortement, soit en dedans, soit en dehors de la plaque de devant, à mesure qu'un aide affineur la lui jette. Il amoncelle de la terre battue en avant du trou, afin de rendre le bouchage plus solide.

Pendant que cette opération se termine, les aides jettent dans le creuset des laitiers ou scories riches des fondages précédens (1), puis les recouvrent

(1) On peut aussi employer des scories de martelage ou les battitures des laminoirs dégrossisseurs, mais on doit les réserver pour les fontes dures à mazer, parce qu'elles accélèrent trop l'opération pour les autres fontes. On ne doit jamais employer les scories de fours

de coke jusqu'à 20 centimètres environ au-dessus des tuyères ; ou bien ils commencent par charger le coke , et forment une couche de scories par-dessus. Ces deux modes sont à peu près identiques pour le résultat définitif. On charge alors la fonte en plaçant les gueusets dans le sens de la longueur du creuset, et l'on en forme des couches alternatives séparées par du coke, puis on recouvre le tout de quelques rasses de ce combustible. Cette opération dure vingt à vingt-cinq minutes, et lorsqu'elle est terminée on donne le vent.

Conduite du travail. Bientôt la fonte commence à entrer en fusion, et le maître affineur a soin de soulever de temps en temps la charge pour la faire descendre régulièrement. La fusion est achevée au bout d'environ une demi-heure. Pendant ce temps, les aides enlèvent les scories et le fin métal de l'opération précédente.

Lorsque toute la fonte est descendue, l'affineur sonde le creuset, ramène les parties non fondues devant les tuyères, brasse le métal pour renouveler les surfaces exposées au vent, et pour le rendre plus homogène. Il veille aussi à ce qu'il ne se forme pas d'engorgemens, et détache des parois et du fond du creuset les parties qui pourraient s'y attacher. Ce travail dure vingt-cinq à trente minutes, et alors le mazéage est pour l'ordinaire sur le point d'être achevé, à moins qu'on ne traite des fontes dures. Dans ce dernier cas, l'affineur est obligé de brasser le métal une seconde fois, et souvent cette opération dure autant que la précédente.

Pendant ce temps, les aides brisent le fin métal de la précédente coulée, préparent le coke pour l'opération suivante, nettoient les lingotières, les couvrent d'un peu de terre ou d'argile délayée pour que le métal ne puisse y adhérer, nettoient les tuyères, et repoussent avec leurs curettes les morceaux de coke qui pourraient les obstruer.

L'affineur reconnaît que l'opération est suffisamment avancée, au degré de fluidité du métal et des scories, mais surtout à la couleur de ces dernières. Elles doivent être très fluides, d'un rouge blanc, et ne pas adhérer au ringard lorsqu'on le retire du creuset. A ces indices, le maître affineur juge que le mazéage est terminé, et donne le signal de la coulée.

Les aides débarrassent le devant de la plaque du creuset, forment dans le sable une rigole pour conduire la fonte dans la lingotière, et placent un

à puddler. On a vu, dans la section relative à l'affinage au charbon de bois, en quoi consiste l'action des scories riches.

ringard en travers dans les crans des plaques formant l'embrasure du chio. Le maître affineur, appuyant sur ce ringard sa hampe ou son perçoir, débouche le trou de coulée, et la fonte ainsi que les scories s'écoulent dans la lingotière. On ne laisse à cette dernière qu'une longueur telle, que la plaque de fin métal n'ait pas plus de 5 à 6 centimètres d'épaisseur. Le vent doit agir pendant la coulée, parce qu'il aide à vider le creuset; et un aide, placé à l'arrière du foyer, facilite encore l'écoulement des matières en agitant la fonte, et en passant son ringard par le trou de coulée.

Aussitôt que le creuset est nettoyé, on le recharge comme on l'a dit précédemment.

Pendant que la fusion de cette charge s'opère, les aides jettent de l'eau en abondance sur le laitier qui recouvre le fin métal dans la lingotière; ce laitier se boursoufle, se refroidit et se sépare ensuite facilement de la plaque de métal. Ils soulèvent cette plaque, et au moyen de rouleaux en fonte, la font couler dans la bêche d'eau froide qui suit la lingotière. Là, elle se fendille de manière à pouvoir être cassée facilement.

Le finage s'exécute ordinairement sans addition de matières étrangères; mais dans quelques cas leur emploi est avantageux, soit pour accélérer, soit pour retarder l'opération.

Ces matières sont la chaux, les battitures, l'oxide de fer et l'oxide de manganèse; elles agissent ici comme dans l'affinage au charbon de bois (voyez Sect. II, pag. 33 et 54).

Qualités du fin métal. Le fin métal, pour être facilement converti en fer, doit être caverneux ou criblé d'une multitude de petites cavités jusqu'au tiers, ou au plus jusqu'à moitié de son épaisseur. On peut juger de sa qualité par l'aspect qu'il présente à la coulée. S'il dégage peu d'étincelles en sortant du foyer, le finage est incomplet, le métal est peu ou point caverneux, le puddlage est plus long et donne plus de déchets.

Si le fin métal dégage une multitude d'étincelles faibles, blanches et formant à la surface du bain une sorte de flamme épaisse qui se résout dans l'atmosphère en vapeurs blanchâtres assez abondantes, l'opération a été poussée trop loin. Le métal, trop caverneux, devient en partie malléable, le puddlage est très difficile et donne de très forts déchets.

Enfin, si le fin métal lance des étincelles volumineuses sans être accompagnées de flamme, le finage est bien fait, le métal a la consistance convenable, et les opérations ultérieures sont avantageuses sous le rapport de la facilité, de la qualité du fer et de l'économie.

Ouvriers nécessaires. Le nombre d'ouvriers nécessaire pour desservir une finerie à six tuyères est de quatre ou cinq au plus, dont un maître, deux aides et un ou deux sous-aides ou manoeuvres. Un maître et deux aides suffisent pour une finerie à quatre tuyères, et le même nombre d'ouvriers était employé aux anciennes fineries à trois tuyères d'un seul côté.

Quantité de vent. La quantité de vent varie selon la nature des fontes à mazer; elle doit être au moins de 150 à 160 pieds cubes d'air par minute et par tuyère, lorsqu'on opère sur des fontes au charbon de bois, et il est avantageux de la porter jusqu'à 180, parce qu'on accélère les opérations en diminuant les déchets.

Pour les fontes au coke, il faut environ 220 pieds cubes d'air par tuyère et par minute, et si le combustible est un peu compacte, il est avantageux de porter cette quantité à 230 ou 240 pieds cubes.

Quelle que soit la quantité que l'on donne, elle ne varie pas pendant le finage.

La pression du vent doit être de 2 livres à 2 livres $\frac{1}{4}$ par pouce carré, pour obtenir une fusion prompte avec le moins de déchets possible. En ne donnant au vent qu'une pression de 1 livre $\frac{1}{4}$ à 1 livre $\frac{3}{4}$, comme cela a lieu dans plusieurs usines, on augmente de beaucoup la durée des opérations et les déchets.

Produits, consommations et déchets. A l'usine de Terrenoire, avec des fontes moyennes au coke, mélangées d'un sixième à un huitième de fonte de Bourgogne fabriquées au bois, une quantité de vent de 220 à 225 pieds cubes par minute et par tuyère, sous une pression de 2 livres $\frac{1}{4}$ par pouce carré, chaque finerie fait dix opérations en douze heures.

Dans la finerie à six tuyères, on passe 28,000 kil. de fonte par vingt-quatre heures, qui produisent 24,600 kil. de fin métal, et consomment 8,500 kil. de fonte.

Dans la finerie à quatre tuyères, on passe dans le même temps 19,000 kil. de fonte, qui produisent 16,600 kil. de fin métal, et consomment 5,950 kil. de coke.

Ainsi les déchets sont de 12 à 12,145 pour 100, et l'on brûle de 303 à 313 kil. de coke par 1,000 kil. de fonte passée aux fineries.

Dans les anciennes fineries à trois tuyères de la même usine qui ne recevaient que 150 à 160 pieds cubes d'air par minute et par tuyère, sous la pression de 2 livres à 2 livres $\frac{1}{4}$ par pouce carré, et dans lesquelles on ne traitait en majeure partie que des fontes au charbon de bois, le produit était

moyennement de 8,000 kil. de fin métal par vingt-quatre heures; on consommait 420 kil. de coke par tonne (1,000 kil.) de fonte, et le déchet moyen pris sur le roulement d'une année était de 12,1/46 pour 100.

On voit, par cette comparaison, combien les fineries à deux rangs de tuyères sont avantageuses sous le rapport de la quantité de produits, et de l'économie en combustible et en main-d'œuvre.

A l'usine de Decazeville, on ne charge que 1,300 à 1,350 kil. de fonte dans les fineries à six tuyères; chaque opération dure en moyenne deux heures vingt-cinq minutes, et l'on obtient dix à douze tonnes de fin métal par feu en vingt-quatre heures. Les déchets sont de 18 à 20 pour 100, et se sont élevés jusqu'à 26. Mais, dans cette usine, la fonte est moins avantageuse à traiter que celle de Lavoulte dont on se sert à Terrenoire, le coke y est de moindre qualité, et la pression du vent n'est que de 1 livre $\frac{1}{4}$ à 1 livre $\frac{3}{4}$ par pouce carré. En outre, les tuyères sont également plongeantes, au lieu d'avoir une inclinaison différente sur chaque côté.

La faiblesse du vent, et peut-être aussi sa trop petite quantité, est la cause principale de l'infériorité des résultats de l'usine de Decazeville, et leur comparaison avec ceux de Terrenoire montre combien il est important que le vent soit donné en quantité et sous une pression suffisantes. Du reste, les déchets peuvent varier beaucoup, selon le plus ou moins d'habileté de l'affineur.

Durée des fondages. Le travail des fineries s'arrête à la fin de chaque semaine; mais, une fois en activité, il marche sans interruption; les ouvriers se relèvent ordinairement de douze en douze heures.

On arrête le fondage le samedi à midi, et on reprend le travail le dimanche à minuit. Dans cet intervalle, on s'occupe des réparations dont les foyers peuvent avoir besoin.

DU PUDDLAGE.

Le puddlage, ou le travail qui s'exécute dans les fours à puddler, n'est autre chose que l'affinage proprement dit, c'est-à-dire l'opération par laquelle on convertit la fonte ou le fin métal en fer ductile.

Les agens qui produisent l'affinage sont encore ici les mêmes qui ont été indiqués en parlant des forges à l'allemande (*voy.* p. 31 et suiv.); seulement l'air n'est pas fourni par une machine soufflante, et n'arrive dans le four qu'après avoir traversé la grille. L'eau est employée à la fois pour oxider le métal et pour le coaguler en le refroidissant. Lorsqu'on ne veut produire

que ce dernier effet, il suffit de fermer le registre qui recouvre la cheminée.

Le puddlage peut s'appliquer directement à la fonte, mais on ne traite ordinairement ainsi que des fontes blanches, parce qu'elles ont la propriété de se maintenir assez long-temps dans un état pâteux, et qu'elles cèdent alors leur carbone par l'accès d'un faible courant d'air.

Les fontes blanches pauvres en carbone, telles que les fontes caverneuses, ou qui se rapprochent de l'état de fin métal, peuvent se traiter sans scories à la manière de ce dernier; mais les fontes blanches lamelleuses, ainsi que celles obtenues par refroidissement subit, contenant plus de carbone, ne peuvent être puddlées sans une assez forte addition de scories douces.

La fonte grise se prête d'autant plus difficilement au puddlage direct, qu'elle contient plus de graphite. Elle entre en fusion complète et se maintient long-temps à cet état, s'oxide fortement sans que le graphite soit entièrement brûlé, et subit un déchet très considérable, en sorte que l'opération ne présente aucune économie, ni sous le rapport du temps, ni sous celui des matières premières. Cette fonte est d'ailleurs la moins pure, et l'action des scories étant insuffisante pour la débarrasser des substances étrangères, elle ne produit que du fer cassant. Il est donc indispensable de la soumettre à l'opération du mazéage.

Le fer que l'on obtient par le puddlage direct des fontes blanches, n'est jamais d'aussi bonne qualité que celui que donne le fin métal, le mode de fabrication étant le même de part et d'autre, parce que le travail des fours à puddler ne peut enlever le phosphore, le silicium et les autres matières étrangères, aussi complètement que celui des fineries.

Le puddlage direct ou par additions de scories, et le puddlage du fin métal qui s'effectue par la seule action du courant d'air, constituent deux méthodes de travail entièrement distinctes l'une de l'autre quant à la première période de l'affinage. Dans la seconde, qui commence au moment où le métal est devenu pulvérulent, la fonte et le fin métal se traitent de la même manière.

Outils du puddleur. Ces outils sont : 1°. le *crochet*, espèce de ringard de 2^m20 à 2^m50 de longueur, ayant une de ses extrémités aplatie et repliée en équerre. Cette partie a 14 à 15 centimètres de longueur sur 5 de largeur et 1 et demi d'épaisseur environ; elle se termine en biseau ou en tranchant. Cet outil sert à diviser le métal et à le brasser.

2°. La *spadelle*, ou ringard terminé par une palette de 11 à 12 centimètres

de longueur sur 5 à 6 de largeur. Elle est de même longueur que le crochet, et sert également à brasser et à former les balles.

3°. Une *coupe* ou *capsule* de forme allongée, en cuivre ou en fer battu, avec laquelle l'ouvrier projette au besoin de l'eau dans le four.

4°. Un marteau à main, dont le puddleur se sert pour frapper la hampe de ses outils, afin d'en détacher et de faire tomber sur la sole du four les parties de métal qui pourraient y adhérer.

5°. Une pelle plate tout en fer, dont le manche se termine en T, et qui sert à introduire le métal dans le four. Souvent cet outil est remplacé par la spadelle.

Il y a près de chaque four six à huit crochets, autant de spadelles, quelques ringards à pointe qui servent à diviser le métal, et une grande bêche en fonte contenant de l'eau pour rafraîchir ces outils.

Il faut en outre une pelle pour charger le combustible, et quelques petits ringards pour travailler et nettoyer la grille.

Combustible. Le seul combustible employé jusqu'ici pour les fours à puddler, est la houille. On doit choisir de préférence les houilles grasses qui produisent de longues flammes, afin que toute la sole du four soit chauffée aussi également que possible, et la brûler à l'état de grêle ou en moyens fragmens, afin qu'elle couvre la grille plus uniformément, et laisse moins de passages à l'air. Il faut éviter le charbon trop inenu, parce qu'il obstrue la grille, et produit trop de variations de température.

On a essayé de puddler au bois, à la tourbe, à l'anthracite, et quoique ces essais n'aient pas eu de suite, on en fera connaître plus loin les résultats.

Nombre d'ouvriers par four. Il faut pour chaque four deux puddleurs et deux aides. Ces ouvriers sont partagés en deux sections qui se relèvent ordinairement de huit en huit heures, et quelquefois toutes les douze heures seulement. Ce dernier intervalle est trop long, parce que le travail est très fatigant.

On fait six opérations ou *chaudes* par tournée de huit heures, et huit par tournée de douze heures, en sorte que ce système est moins avantageux que le premier.

Les fonctions de l'aide puddleur sont de chauffer le four, d'y charger le métal, et de surveiller le travail pendant une partie de la première période. Le puddleur l'achève et fait les loupes.

Pour les fours doubles, on employait un aide de plus à chaque tournée.

Préparation de la sole. L'affinage, dans les fours à puddler, se fait sur des soles en fonte, en sable ou en scories douces.

Lorsqu'on travaille sur sole en fonte, on la recouvre d'une couche de scories grossièrement pulvérisées, et de 4 à 5 centimètres d'épaisseur. Cette couche étant bien battue, on donne un coup de feu pour la faire entrer en fusion pâteuse, et alors elle peut recevoir le métal.

Les soles en sable se font en quartz pilé ou en sable quarzeux très pur et lavé au besoin. Ce sable doit résister à la chaleur ordinaire des fours à puddler, et il doit être fortement battu, afin que la sole ne puisse se fendre. On donne à ces soles de 16 à 20 centimètres d'épaisseur au-dessus des plaques de fonte qui la supportent. Avant de se servir d'une sole en sable, il faut la recouvrir d'une couche de scories pulvérisées de 15 à 20 millimètres d'épaisseur. On met ensuite ces scories en fusion, et on aplatit la sole avec une spadelle rouge avant d'y placer le métal. Après cette opération, une sole en sable bien faite doit être assez dure pour résister au ringard.

Pour faire les soles en scories, on brise ces dernières en menus fragmens, dont on forme sur les plaques de fonte une couche de 8 à 10 centimètres d'épaisseur. On donne alors un fort coup de feu, et lorsque les scories sont entrées en fusion pâteuse, on égalise leur surface avec une palette rouge. La sole ainsi égalisée n'a plus, après cette opération, qu'une épaisseur de 6 à 7 centimètres.

Lorsqu'on doit travailler sur fin métal, on fait la sole à peu près plane, et on lui donne une légère inclinaison vers le floss, afin que les scories puissent s'écouler; mais lorsqu'on traite de la fonte, la sole doit être concave vers le milieu, afin que la fonte et les scories nécessaires à sa décarburation puissent se réunir en ce point. Dans ce cas, on élève presque toujours le pont du rampant à 6 ou 7 centimètres au-dessus de la sole, afin que la fonte ne puisse s'écouler avec les scories surabondantes. Lorsqu'il y a plus de scories qu'il n'en faut pour le travail, on les enlève par la porte, ou bien on les fait écouler par un trou ménagé en dessous du seuil, comme l'indique la fig. 33, Pl. 15.

Le travail sur sable occasionne un déchet de 5 à 4 pour 100 plus fort que le travail sur fonte, parce que le sable, s'emparant de l'oxide de fer, ce dernier doit être formé en plus grande quantité pour opérer la décarburation. Toutefois il paraît que ce déchet est souvent compensé dans les opérations.

tions ultérieures, et comme le sable peut enlever, avec l'oxide qu'il dissout, l'acide phosphorique que contient quelquefois le fer, la qualité de ce dernier en est alors améliorée.

On préfère néanmoins généralement les soles en fonte aux soles en sable, parce que le travail y est plus facile, que les ringards glissent mieux sur leur surface, et que le sable, adhérant souvent au fer, le rend défectueux.

Les soles en scories rendent l'affinage un peu plus facile et plus prompt que les soles en sable, mais le fer est généralement moins bon.

Les soles se creusent rarement lorsqu'on ne travaille que du fin métal, et, au contraire, l'oxide qui se forme les exhausse peu à peu, en sorte qu'on est obligé de les briser et de les refaire. Lorsqu'elles se creusent, ce qui arrive avec un fin métal imparfait et surtout avec la fonte, on les répare après chaque opération, en ajoutant des matières fraîches que l'on égalise le mieux possible. Ces réparations n'empêchent pas la sole de s'user assez promptement, et, pour l'ordinaire, on est obligé de la refaire à neuf à la fin de chaque semaine.

On enlève les vieilles soles en sable ou en scories, soit en les mettant en fusion par un fort coup de feu, avec addition de sable fusible au besoin, et les faisant écouler par le floss, soit en les brisant en morceaux lorsqu'elles sont refroidies. Le premier moyen est commode, mais si la sole est trop réfractaire, les parois du four peuvent aussi entrer en fusion. Le second est plus prompt, plus économique, et n'exige qu'un peu de précaution pour ne pas attaquer la maçonnerie intérieure du four.

On pulvérise les vieilles soles pour les faire entrer dans la composition des soles fraîches, qui acquièrent ainsi plus de dureté, et occasionnent moins de déchets.

Lorsque les soles en fonte sont usées, il faut démolir l'intérieur du four pour les enlever et les remplacer.

On a fait plusieurs essais de soles en calcaire et en chaux, dans le but d'améliorer le fer et de diminuer les déchets, mais on a été obligé d'y renoncer, parce que ces matières se combinent avec celles des briques, et accélèrent la destruction du four. On a reconnu par ces essais, que le fer, quoiqu'un peu plus dur, est en effet amélioré, que les déchets sont un peu moindres, et que l'opération est abrégée de vingt à vingt-cinq minutes; mais on arrive à peu près aux mêmes résultats par une addition de chaux pendant le puddlage, sans éprouver les mêmes inconvénients.

Mise en feu. Pour mettre un four en train, on le chauffe pendant six heures, en augmentant graduellement la température, jusqu'à ce que les parois intérieures soient parvenues au rouge-blanc. C'est seulement alors qu'on commence à y introduire le métal. Le but de ce chauffage préalable, lorsqu'on reprend le travail, est de désagréger promptement les matières, et d'éviter la forte oxidation qu'elles éprouveraient par une fusion lente et le contact de l'air long-temps prolongé.

Chargement du four. La fonte ou le fin métal étant cassés par morceaux de 10 à 15 kilogrammes, et d'un moindre poids s'il est possible, on les introduit dans le four, soit à la main, soit en les plaçant sur une palette; et on rassemble la charge près du pont, pour la mettre un peu à l'abri du courant d'air, et l'exposer de suite à une plus haute température.

Lorsqu'on fait usage de fours à deux soles, dans le genre de celui représenté Pl. 16, on place d'abord le métal sur la petite sole; là, il est amené au rouge-blanc avant que d'être porté sur la sole de travail. Il faut éviter de l'oxider trop fortement et de le fondre; et, pour cela, on ne charge la petite sole que vingt-cinq à trente minutes avant la fin du puddlage de la charge précédente.

La préparation que subit le métal sur la petite sole, accélère d'au moins dix minutes le travail de l'affinage, économise le combustible qui serait brûlé pendant ce temps, et permet, dans le plus grand nombre de cas, de faire une opération de plus par tournée.

Le poids de la charge, soit en fonte, soit en fin métal, varie de 170 à 200 kil.; le plus ordinairement il est de 175 à 180 kil.

Puddlage de la fonte, première période. La fonte étant chargée, on y ajoute les scories nécessaires, on jette du nouveau combustible sur la grille, et l'on ouvre le registre de la cheminée pour donner un fort coup de feu. Après dix minutes environ, si la fonte a été préalablement chauffée, ou vingt à vingt-cinq minutes, si elle a été introduite froide, elle est parvenue au rouge-blanc, et peut être divisée par les ringards, ou réduite en *sable*, selon l'expression des ouvriers.

C'est alors que commence le travail de l'affinage; on ferme le registre pour que les matières ne se liquéfient pas trop, et on brasse les matières sans relâche dans le bain de scories, pour les décarburer et leur faire prendre la consistance pâteuse. On ajoute des scories douces, s'il est nécessaire, pour accélérer la décarburation; et si le métal est devenu trop liquide, on l'arrose d'eau pour le rafraîchir et le coaguler. On peut aussi jeter dans le bain

des battitures de marteau ou de laminoirs, mais l'emploi de l'eau seule donne généralement de meilleur fer.

Lorsqu'on traite de la fonte très carburée, on donne quelquefois accès à l'air dans le four, en débouchant le tizard en partie. Il s'établit alors un faible courant d'air qui agit sur la surface du métal, et accélère le départ du carbone sans occasionner une trop forte oxidation.

Bientôt la matière acquiert plus de consistance, et il faut continuer à la brasser avec activité, afin de renouveler sans cesse le contact des parties oxidées avec celles qui sont encore carburées, et d'empêcher les parties déjà presque affinées de se *brûler*, c'est-à-dire de trop s'oxider. Après quinze à vingt minutes de brassage, la matière s'est épaissie et est devenue tellement visqueuse, qu'on ne peut la diviser qu'avec beaucoup de peine; les ouvriers disent alors qu'elle est *fondue*. Dans ce moment, le puddleur doit redoubler d'efforts afin d'empêcher que le fer, qui contient encore beaucoup de carbone, ne se prenne en masse, et si, malgré cela, la matière devenait trop dure, il faudrait fermer tout accès à l'air, même par le regard de la porte, lever le registre pour donner un coup de feu très rapide, et reprendre ensuite le travail le plus tôt possible.

Quelques minutes après que la matière est fondue, sa surface commence à s'agiter comme un liquide en ébullition, ce qui fait dire aux ouvriers qu'elle *boût*. Le carbone qui s'échappe à l'état d'oxide brûle en formant des jets de flamme bleue, la viscosité est moindre qu'auparavant, le brassage est plus facile, et c'est l'époque où il doit être le plus actif.

Selon la nature des fontes, le bouillonnement dure de dix à vingt minutes au plus. Il diminue à mesure que les jets de flamme deviennent plus rares, et en même temps la matière perd peu à peu la couleur rouge qu'elle avait jusqu'à cette époque, et en prend une plus claire.

Quelquefois le bouillonnement ne se manifeste pas sensiblement, parce que le gaz oxide de carbone s'est dégagé plus lentement, et n'est pas venu brûler à la surface d'une manière visible. Ce phénomène se présente surtout avec les fontes peu carburées.

Soit que le bouillonnement ait lieu ou non, la fin de la première période du travail s'annonce par la facilité avec laquelle la matière se divise en une infinité de petits grumeaux; les ouvriers disent alors qu'elle commence à se *sécher*. Quelques instans après, elle jette un vif éclat qui indique qu'elle a changé d'état, ou qu'elle *prend nature*, c'est-à-dire qu'elle devient fer. On brasse encore quatre à cinq minutes, pendant lesquelles la

masse devient comme pulvérulente, parce que les particules métalliques dont elle se compose ne sont pas soumises à une assez haute température pour se souder ensemble. On réunit ces particules, avec la spadelle, on détache celles qui se sont attachées à la sole, et on se dispose à faire les balles.

Pendant cette période, qui dure en tout cinquante à cinquante-cinq minutes, la température du foyer doit varier le moins possible, sauf le cas d'accident indiqué; la grille doit être bien couverte de combustible embrasé, et il faut éviter de la recharger après que le brassage a commencé. Le puddleur et son aide travaillent alternativement.

On ne suit pas toujours exactement la marche que l'on vient de décrire, et, dans quelques usines, on n'ajoute les scories qu'au moment où la fonte commence à devenir liquide. Cette manière d'opérer produit du reste les mêmes résultats.

Puddlage du fin métal, première période. Quand on traite du fin métal, on n'ajoute point de scories à la charge, ni pendant l'opération, à moins que le finage n'ait pas été convenablement fait. On réduit la matière à l'état pâteux par un fort coup de feu qui dure dix ou vingt minutes, selon qu'elle a été chargée au rouge-blanc ou froide. De temps à autre, on s'assure de sa consistance en la touchant avec un ringard, et si, faute d'attention, elle est devenue liquide, on l'arrose avec de l'eau pour la ramener à l'état pâteux.

Dès qu'elle est dans cet état, on abaisse le registre, et on procède au travail de l'affinage, qui s'exécute de la même manière que pour la fonte, et se termine aussi au moment où le métal est devenu pulvérulent.

Puddlage, deuxième période. Le travail du puddlage s'achève de la même manière, soit qu'on traite de la fonte, soit qu'on opère sur du fin métal. Il est fait par le puddleur seul, et l'aide n'a à s'occuper que de la conduite du feu. Le fer étant à l'état pulvérulent, on donne d'abord une chaude très intense pour en souder les parties. Le puddleur abaisse alors le registre, et fait bien fermer le tisard du four. Avec un ringard, il s'assure de l'état de la matière, pour saisir le moment de former les balles. En les commençant trop tôt, elles seraient sans consistance, et le marteau les ferait voler en éclat; en attendant trop, la cohésion de la matière serait si forte, qu'on ne pourrait plus guère la travailler. Lorsqu'elle est au point convenable, il divise la masse en plusieurs parties, qu'il sépare pour les empêcher de se souder entre elles. Avec sa spadelle, il détache une de ces

parties de la sole, en prenant pour point d'appui le seuil de la porte, la tourne, la roule sur la sole, et la comprime en appuyant la hampe de la spadelle contre le cintre du regard. Lorsque la balle est bien arrondie et comprimée, il la place près du pont, puis il s'occupe successivement des autres. Les premières balles sont toujours faites avec la matière la plus rapprochée du pont, parce que la température en est plus élevée, et pendant ce temps, les autres parties arrivent au degré convenable. En faisant la dernière balle, le puddleur la roule sur toute la surface de la sole, afin qu'elle ramasse les morceaux de fer restés épars.

Selon la quantité de matière mise à l'affinage, on fait cinq à sept balles que l'on réunit vers le pont, en laissant un petit espace entre elles pour qu'elles ne s'attachent pas les unes aux autres.

La confection des loupes ou balles s'exécute encore par un autre procédé, qui a quelque analogie avec l'affinage par attachement pratiqué dans les forges à l'allemande. Au lieu de diviser la masse, on en prend une petite partie que l'on fait rouler en tous sens, et qui augmente ainsi de volume comme fait une boule de neige. Lorsqu'elle est assez grosse, on l'arrondit en la roulant sur la sole, on la comprime fortement, et on la range près du pont. Les autres loupes se font successivement de la même manière, à moins que la matière, devenue trop consistante, n'oblige à recourir au premier moyen.

La confection des balles exige de huit à dix minutes, et lorsqu'elle est terminée, on ferme les portes, on les marge avec de l'argile ou de la terre grasse, et l'on donne un bon coup de feu en élevant le registre et chargeant la grille, pour opérer le soudage de toutes les parties et augmenter leur cohésion. Il est essentiel que les balles soient bien arrondies, parce que des parties anguleuses se détacheraient dans le cinglage, et qu'elles soient bien comprimées et soudées, afin que le choc du marteau ou la compression des cylindres dégrossisseurs ne les brise pas en morceaux; aussi ce travail exige-t-il beaucoup de force et d'adresse.

Après quelques minutes de chauffage, on retire les balles, ainsi qu'on l'expliquera bientôt, et on les traîne rapidement au marteau ou aux cylindres dégrossisseurs.

Toutes les balles sont ordinairement enlevées en cinq ou six minutes. Alors on répare la sole, on retire les parties de fer qui peuvent rester, on fait écouler au besoin les scories, on nettoie la grille, et l'on peut recommencer une nouvelle opération.

Lorsqu'on charge le métal froid, chaque affinage exige ordinairement soixante-dix à soixante-quinze minutes si l'on opère sur fin métal, et une heure trois quarts à deux heures lorsqu'on opère sur fonte. Si la matière est préalablement chauffée au rouge-blanc, l'affinage est abrégé d'environ dix minutes. Y compris le temps nécessaire pour tout disposer après l'enlèvement des balles, on fait ordinairement six opérations par tournée de huit heures en affinant du fin métal, et quatre seulement en traitant de la fonte, l'un et l'autre étant pris froids.

Pour que le travail marche bien et que les déchets ne soient pas trop considérables, il faut que les ouvriers y apportent une attention soutenue, que la porte du four ne soit jamais levée pendant sa durée, et que l'on ne recharge la grille que trois ou quatre fois au plus. C'est en général vers la fin de l'opération que l'on donne de nouvelles chaudes, mais il faut du reste que les ouvriers étudient la marche de chaque four en particulier, car des fours construits exactement dans les mêmes dimensions, ont souvent une marche différente, outre qu'elle varie encore selon l'état de l'atmosphère.

Lorsque, par la nature du travail, les scories ne doivent pas rester sur la sole, il faut avoir soin qu'elles puissent toujours s'écouler par le floss, et que ce passage ne s'obstrue pas. A cet effet, on l'environne de quelques briques ou de morceaux de plaques de fonte, on forme un petit tas de houille qui recouvre le floss, et on l'entretient en ignition pour maintenir la fluidité des scories.

Pendant que le puddleur forme les balles, son aide engage dans le four les bouts des barres de fer que l'on nomme *crosses* ou *gouvers*, si l'on doit en faire usage pour le cinglage au marteau.

Déchets. Les déchets de puddlage ne peuvent se compter qu'après que le fer est mis en barres dégrossies, et comprennent nécessairement les pertes dues à l'affinage, et celles qui résultent de l'oxidation dans le travail du marteau et des cylindres dégrossisseurs. Ces dernières ne peuvent varier beaucoup; mais les premières sont plus ou moins considérables, selon l'habileté des ouvriers. Pour qu'elles soient réduites au minimum, il faut qu'on ne laisse pas oxidier le fer au-delà de ce qui est nécessaire à la décarburation, que l'oxide formé soit bien mêlé avec la matière, et que les scories ou la sole en absorbent le moins possible.

Il y a des puddleurs qui, en travaillant sur un bon fin métal, ne font que 8 à 9 pour 100 de déchets; d'autres en font jusqu'à 12 pour 100 : terme moyen, dans une grande usine où tous les ouvriers ne peuvent être

également habiles, et le fin métal toujours également bien fait, les déchets, comptés sur une année de fabrication, ne doivent pas excéder 10 à 10 $\frac{1}{2}$ pour 100. C'est le résultat ordinaire des forges de Terrenoire.

En travaillant sur fonte, les déchets sont rarement moindres de 12 pour 100; plus fréquemment ils sont de 15, et quelquefois de 20 à 25 lorsqu'on affine des fontes grises. Des pertes plus considérables ne peuvent être attribuées qu'à l'inhabileté des ouvriers puddleurs.

Produits et consommations. D'après les données précédentes, la charge des fours étant de 175 kil., la consommation en fin métal par vingt-quatre heures est de 3,150 kil., et en fonte blanche de 2,100 kil.

Les produits, selon les déchets, peuvent varier de 2,835 à 2,770 kil. dans le même temps, lorsqu'on opère sur fin métal, et de 1,700 à 1,800 kil. eu affinant la fonte directement.

La consommation de combustible est évaluée généralement à 100 kil. de houille pour 100 kil. de fin métal livré à l'affinage, et de 140 à 150 kil. pour 100 kil. de fonte blanche; ce qui porte ces consommations à environ 110 pour 100 de fer dégrossi provenant de fin métal, et moyennement à 175 pour 100 de fer résultant du puddlage direct.

A moins d'emploi de mauvais charbon, ces consommations ne doivent pas être dépassées dans une opération bien faite, et elles peuvent même être moindres, car à Terrenoire, d'après le roulement de l'année 1826, pendant laquelle on a affiné de la fonte blanche et du fin métal à peu près par moitié, la quantité de combustible brûlé ne s'est élevée qu'à 96 pour 100 des matières mises en opération, y compris encore le *réchauffage* de la presque totalité des balles, opération dont il sera bientôt question.

En évaluant en houille le coke employé au finage, on trouve qu'il y a économie d'environ 25 pour 100 sur le combustible dans le puddlage direct; mais, d'un autre côté, les déchets sont plus considérables, la fabrication moindre d'un tiers, et le fer moins bon; en sorte qu'en égard au prix de vente et aux frais généraux, les avantages de ce procédé se réduisent à très peu de chose, ou peuvent même se transformer en perte.

Puddlage au bois. Des essais ont été faits aux usines de Châtillon-sur-Seine et de Crans, dans le but de puddler en employant le bois; voici les principaux résultats tels qu'ils ont été donnés par les auteurs de ces essais.

A Châtillon, les fours ne différaient de ceux dans lesquels on travaille à la houille que par les dimensions de la grille, et la durée de l'opération était à peu près la même de part et d'autre, à charge égale.

Le déchet, en travaillant sur fonte, était de 15 pour 100, comme dans l'affinage à la houille, et le fer était de même qualité.

On consommait 7,5 mètres cubes de bois de toute espèce, non desséché, pour obtenir 1,000 kil. de fer.

A Crans, les essais ont été faits avec du bois sec, et l'on n'en brûlait que 3,5 mètres cubes par 1,000 kil. de fer; mais il fallait brûler en outre 27 à 30 kil. de bois par mètre cube de bois desséché, ce qui augmentait la consommation de 8 à 9 pour 100.

On a reconnu dans ces essais, qu'à poids égal, toutes les essences de bois produisent à peu près le même effet.

Quoique les résultats obtenus avec le bois sec fussent assez avantageux, ces tentatives ont été abandonnées après quelques mois de travail, à cause de la difficulté de s'approvisionner pour une grande fabrication, et par l'impossibilité de préparer et de conserver les masses de bois sec qu'il faudrait employer.

Des essais ont été également faits en Suède, et l'on a trouvé qu'il y avait économie d'environ un tiers de combustible, comparativement à l'affinage au charbon de bois, mais que le fer était moindre en qualité.

Puddlage à la tourbe. D'après les expériences faites à l'usine de Lauhammer, en Saxe, et à celle d'Inchoux (Landes), la tourbe de bonne qualité employée au puddlage donne des résultats satisfaisants. A Inchoux, le succès a été annoncé comme complet : le fourneau se maintenant à la chaleur blanche, l'opération se faisait facilement, le fer était nerveux et soudait parfaitement, tandis que celui que l'on obtenait par les procédés ordinaires au charbon de bois était grenu ou lamelleux, et très cassant à certaine température.

Ces essais n'ont pas eu assez de suite pour bien constater les déchets; mais ils doivent être considérables, parce que le feu de tourbe se soutenant beaucoup moins que celui de houille, il faut recharger la grille plus souvent.

Pour que le travail marche bien, il faut que la tourbe, après avoir été séchée à l'air, soit exposée pendant une huitaine de jours dans une étuve chauffée à 35 ou 40 degrés. Dans cet état, 3 kil. de tourbe produisent à peu près le même effet que 2 kil. de houille, et, à poids égal, les volumes de ces combustibles sont dans le rapport de 8 à 1 environ.

Le puddlage direct à la tourbe desséchée dure de deux heures à deux heures et un quart, et l'on consomme 26 à 30 pieds cubes de ce combustible pour obtenir 100 kil. de fer.

Puddlage à l'anhracite. L'anhracite brûle difficilement, par couches successives, et donne des flammes peu allongées; par conséquent il n'est point propre à l'opération du puddlage. Les essais faits à Vizille (Isère), en 1827, confirment cette conséquence en tous points. Là, dans un four muni de deux rangs de tuyères inclinées à 45 degrés, et lançant leur vent sur la grille, on n'a pu parvenir à la chaleur blanche qu'au bout de trois heures, et l'on n'a obtenu qu'une très petite quantité de fer extrêmement impur.

DÉGROSSISSAGE DU FER.

On comprendra ici, sous le nom de dégrossissage, le cinglage sous le marteau, le travail des cylindres préparateurs et le cisailage, parce que ces opérations forment la première période de la fabrication du fer en barres.

Cinglage. Les balles étant terminées dans le four à puddler, on les retire successivement, en commençant par celles qui sont près du pont. L'aide-puddeleur soulève la porte, le puddleur amène une balle près du seuil avec un crochet, puis il la saisit avec une grande tenaille à mors recourbés, que l'on nomme *écrevisse*, la tire hors du four et la traîne au marteau. L'aide-marteleur, ou *servant*, l'engage alors entre les tables du marteau et de l'enclume, la retourne en tous sens pour rassembler les particules du fer, et l'abandonne ensuite au marteleur. Dès que la balle est sortie du four, l'aide-puddeleur laisse retomber la porte.

Le cinglage se fait en manœuvrant la balle avec des tenailles, ou en y soudant une barre de fer de 1^m30 à 1^m50 de longueur, dont un bout a été chauffé au blanc soudant dans le four à puddler. Cette barre se nomme *crosse*, *queue* ou *gouver*, et le marteleur s'en sert pour tourner la balle, et la présenter dans tous les sens au choc du marteau.

Soit qu'il travaille à la tenaille ou au gouver, il place la balle entre les pannes qui suivent les tables, la tourne en lui faisant faire de temps à autre un quart de révolution, de manière qu'elle soit battue sur toute face, et qu'elle prenne la forme d'un prisme à base carrée; il la place ensuite verticalement entre la chabotte et l'oreille de la tête du manche, afin de la refouler par les bouts; et lorsqu'elle a reçu quelques coups, il la présente de nouveau entre les pannes pour l'achever. La balle, transformée ainsi en prisme quadrangulaire de 9 à 11 centimètres d'équarrissage, prend le nom de *pièce* ou de *lopin*. Lorsqu'elle est prête, le servant place un cou-teau ou *hacheron* sur le gouver, pour le couper à l'aide du marteau, et le

marteleur enlève la pièce pour la livrer aux cylindres dégrossisseurs. L'opération du cinglage dure une minute environ.

Le marteau ne devant jamais frapper à vide, parce qu'il pourrait en résulter fracture, dès que la pièce est refoulée par bout, le puddleur tire une seconde balle, qui est engagée entre les tables pendant que la pièce s'achève; et les mêmes manœuvres se répètent jusqu'à ce que toutes les balles soient cinglées.

Le travail des fours à puddler est échelonné de manière que le marteau ne soit jamais interrompu.

Il peut arriver qu'une balle se brise sous le marteau ou tombe de l'enclume; dans ce cas, on en présente immédiatement une autre, et on enlève la balle manquée pour la réchauffer. Pour cela, on attend que les balles de l'opération suivante soient faites; on place la pièce manquée près du pont, afin qu'elle reçoive une forte chaude; on la comprime de nouveau, et on la cingle ensuite comme à l'ordinaire.

Si, par accident, le marteau est arrêté, ou s'il est cassé, les opérations de puddlage n'en continuent pas moins; seulement, les balles faites, on les enlève, et on les remet au four lorsqu'elles doivent être cinglées, ou bien on les passe de suite aux laminiers dégrossisseurs.

Les laitiers étant chassés avec force par le choc du marteau, le marteleur et son aide portent un masque en toile métallique, ou en cuir garni d'un verre, des couvre-jambes en fer blanc ou en cuir fort, un tablier en cuir, et des espèces de gantelets, afin de ne pas être brûlés.

Ces ouvriers travaillent par tournées, dont la durée est ordinairement la même que celle des tournées de puddleurs.

On a observé que les balles manquées et réchauffées donnaient un fer de meilleure qualité, et cette observation a donné lieu à la méthode suivante de cinglage, semblable à celle que l'on suit dans quelques forges à l'allemaude. Avant de terminer la pièce, on la porte dans un four à réchauffer placé à proximité du marteau; on l'y laisse deux minutes environ, pendant lesquelles elle revient au rouge blanc, puis on l'achève en quelques coups de marteau, et on la passe aux dégrossisseurs. On peut obtenir ainsi un fer d'une excellente qualité, sans accroissement sensible de déchets et de dépense en combustible. Un four à réchauffer suffit pour huit fours à puddler.

Les pièces terminées, on les passe aux dégrossisseurs pour les réduire, selon le besoin, en barres carrées ou plates. Lorsqu'elles sont refroidies,

on les pèse, puis on les recoupe à la cisaille par morceaux de 32 à 40 centimètres de longueur, qui prennent le nom de *bidon* lorsque les barres sont de forme à peu près carrée, et de *plaquette* ou *langnette* lorsque les barres sont plates.

Lorsqu'on n'a pas de marteau, ou qu'on ne veut pas en faire usage, les balles sont cinglées entre les premières cannelures des cylindres dégrossisseurs, et étirées de la même chaude en fers dégrossis; mais le fer n'est jamais aussi bon que s'il avait été préalablement martelé, parce que la pression des cylindres ne peut, aussi bien que la percussion, l'épurer ou en chasser les scories, et en rapprocher les molécules.

Pour cingler au moyen des cylindres, l'ouvrier cingleur saisit la loupe avec une teuaille, dite *écrevisse*, et l'engage dans la première cannelure, dont la forme est à peu près elliptique. L'aide-cingleur, placé de l'autre côté des cylindres, la reçoit et la passe par-dessus le cylindre supérieur. Le cingleur la saisit et la passe de nouveau dans la même cannelure, en lui faisant faire un quart de révolution, pour la comprimer dans le sens perpendiculaire au premier. Il la présente ensuite de manière à comprimer les bouts. Après trois ou quatre passages dans la première cannelure, on l'engage deux fois de suite dans la seconde, où, éprouvant une plus grande compression, elle commence à s'allonger. On la passe alors une seule fois dans chacune des cannelures ogives suivantes, et deux fois dans la cannelure à laquelle on s'arrête, soit pour laisser la barre dans cet état; soit pour la transformer ensuite en fer plat, en ayant soin de lui faire faire un quart de tour à chaque passage.

En aplatissant la barre, on peut ne la passer qu'une fois dans les premières cannelures rectangulaires; mais il faut la passer deux fois dans la dernière, afin que le fer soit mieux fait et présente moins de gerçures.

On a soin de recueillir les scories et les battitures du marteau et des cylindres préparateurs, parce qu'elles sont d'un emploi très avantageux pour le travail des fineries.

S'il se détache des morceaux de la loupe, on les met à part et on les ajoute aux balles dans l'opération de puddlage subséquente.

Soit que l'on cingle préalablement au marteau, soit que l'on cingle aux cylindres préparateurs seulement, la transformation des balles en fer dégrossi ne dure moyennement qu'une minute et demie.

Les gouvres entrent dans les fers dégrossis dans la proportion moyenne de 25 à 30 kil. par tonne.

FINISSAGE DU FER.

Sous la dénomination de finissage, nous comprendrons toutes les opérations à exécuter sur le fer dégrossi et cisailé, pour le transformer en fer fini de tout échantillon : ces opérations sont le réchauffage, le laminage, le dressage, et l'affranchissage ou rognage.

Réchauffage. Les fours à réchauffer sont servis par deux ouvriers : le chauffeur et son aide.

Avant de commencer la première opération, ces ouvriers forment la sole du four avec du sable réfractaire bien battu. Ils lui donnent ordinairement 8 à 10 centimètres d'épaisseur, et une pente de 6 à 8 centimètres vers le floss, afin que les laitiers s'écoulent facilement. Ils frittent ensuite la sole par un fort coup de feu, et l'égalisent au besoin avec une spatule chauffée au rouge.

Le fer étant cisailé, on en fait des troupes composées ordinairement de quatre morceaux, et on les dispose en tas réguliers auprès des fours. L'aide-chauffeur prend ces troupes, et les place une à une sur une palette en fer, que le chauffeur tient appuyée sur le seuil de la porte. Celui-ci les range sur la sole parallèlement à la longueur du four, en commençant par le point le plus éloigné du pont, parce que la chaleur y étant plus faible, le fer doit la recevoir plus long-temps. Il laisse entre les troupes un intervalle d'environ 25 millimètres (11 à 12 lignes), pour que la flamme puisse circuler tout autour, et que les scories puissent couler librement.

Après l'introduction de chaque troupe, l'aide-chauffeur baisse la porte du four, afin de ne pas trop le refroidir.

La charge d'un four à réchauffer se compose de 700 à 750 kil. de troupes, disposées pour fabriquer du fer de petit échantillon, et de 900 à 1,000 kil., lorsqu'elles sont destinées à produire du gros fer. Le chargement dure un quart d'heure environ.

Le four étant chargé, on ferme les portes, et on les marge avec de la terre grasse ou de l'argile, pour empêcher l'entrée de l'air, qui produirait un refroidissement et augmenterait l'oxidation du fer. Ensuite on nettoie la grille, et on l'entretient couverte de houille bien embrasée, afin qu'il échappe le moins d'air possible à la combustion.

La conduite du feu est une opération délicate, qui exige toute l'attention des ouvriers. Le but que l'on se propose étant de souder le fer et

de l'épurer davantage, il faut qu'il arrive au blanc-soudant sans dépasser ce point. Le chauffeur doit donc s'assurer de temps à autre de l'état du fer, et diriger le feu en conséquence; car le registre de la cheminée ne devrait jamais être employé, attendu qu'en le baissant, on diminue la température, et qu'on s'expose ainsi à mal souder les languettes.

En dépassant le blanc-soudant, on brûle le fer, ce qui altère sa qualité et augmente les déchets.

Quelquefois, vers la fin de l'opération, on retourne les trouses; mais cette manipulation ne pouvant se faire sans refroidir le four et augmenter l'oxidation, est plus nuisible qu'avantageuse. On ne doit la pratiquer que lorsqu'on s'aperçoit que le soudage est incomplet entre les languettes inférieures.

Après une heure de feu soutenu, l'opération du réchauffage est ordinairement achevée pour les trouses exposées à la plus haute température. Le chauffeur les enlève alors, en commençant par les plus voisines du pont. A cet effet, il les prend sur sa palette et les amène près de la porte; l'aide les saisit avec une tenaille, les fait tomber à terre, et les traîne rapidement auprès des laminaires. Après la sortie de chaque trousse, on ferme la porte jusqu'au moment de prendre la suivante.

Le temps nécessaire à l'enlèvement des trouses varie selon la célérité du laminage; il est moyennement de trois quarts d'heure, et l'on compte habituellement deux heures par opération, parce qu'avant de commencer la suivante, il faut jeter quelques pelées de sable sur la sole, pour la réparer et l'aplanir.

Lorsqu'on ne veut obtenir que du fer de médiocre qualité, on réchauffe simplement le fer dégrossi sans faire de trouses. On se sert alors de barres découpées en bidons, et on opère sur ces bidons de la même manière que sur les trouses.

Pour fabriquer les petits fers, on se sert de bidons provenant de fer carré marchand, coupé à la cisaille, ou bien de trouses faites avec du fer marchand plat. Dans le premier cas, il suffit de réchauffer le fer jusqu'au blanc sans atteindre le blanc-soudant; dans le second, il faut souder les trouses comme dans l'opération précédemment décrite.

Consommations et déchets. La consommation de houille pour le soudage des trouses varie de 70 à 80 kil. pour 100 kil. de fer marchand ou de gros échantillon. Pour le réchauffage des fers de petit échantillon, cette consommation atteint et dépasse quelquefois la proportion de 100 pour 100.

Dans le travail ordinaire des forges de Terrenoire, où les petits fers forment à peu près le tiers de la fabrication, la consommation moyenne au réchauffage, déduite d'une année de roulement, a été de 98 de houille pour 100 de fer en barres de toute espèce.

La consommation du sable réfractaire pour faire les soles varie de 7, 5 à 10 pour 100 du fer fini.

Déchets. Les déchets sont moindres pour les fers de gros échantillon que pour les petits fers. Lorsqu'on fait des trousses, le déchet moyen sur les gros fers est de 11 pour 100; il varie de 14 à 17 pour 100 sur les petits fers, en raison inverse de leurs dimensions.

Lorsqu'on se borne à réchauffer les bidons dégrossis sans faire de trousses, ce qui n'a lieu que pour fabriquer du fer marchand commun, les déchets n'excèdent pas 8 à 9 pour 100. Le même travail sur les bidons de fer marchand pour fabriquer des petits fers donne à peu près les mêmes résultats.

Les déchets ne sont comptés qu'après le laminage, et comprennent par conséquent la perte due à l'oxidation des surfaces pendant cette opération.

Réchauffage au bois et à la tourbe. Le bois et la tourbe conviennent parfaitement pour le réchauffage, parce qu'ils donnent une flamme vive et claire, qui maintient le four au blanc-soudant, sans presque jamais dépasser cette température. La tourbe fibreuse est celle qui paraît mériter la préférence, et on peut l'employer en mottes simplement desséchées à l'air.

A l'usine d'Inchoux (Landes), on ne se sert que de tourbe fibreuse pour réchauffer le fer, et la consommation est moyennement de quatre mètres cubes par tonne de fer.

LAMINAGE DU FER.

Chaque jeu de laminoirs est servi par trois ouvriers : un *lamineur*, un *aide-lamineur* et un *releveur*. Ce dernier est un enfant placé constamment du côté de l'aide-lamineur, et dont les fonctions consistent à l'aider lorsqu'il repasse le fer au lamineur, ou l'engage dans les cannelures des cylindres supérieurs de petits laminoirs, ainsi qu'on l'a indiqué précédemment (voy. Section III, *Laminoirs*).

Le lamineur et son aide sont pourvus de tenailles dont les formes sont appropriées aux fers qu'ils ont à fabriquer; le releveur est muni de son crochet.

A mesure qu'une trousse sort des fours à réchauffer, on la porte aux cylindres ébaucheurs. Là, on la fait passer deux fois dans la première cannelure que comporte son échantillon, pour la bien souder en tous sens; puis on la passe une fois seulement dans les cannelures suivantes, jusqu'à ce qu'étant arrivée à celle où l'on doit s'arrêter, on l'y passe deux fois, afin que les dimensions de la barre soient les mêmes dans les deux sens, et que ses arêtes soient bien avivées. A chaque passage, on fait faire un quart de révolution à la barre, pour éviter les bavures et comprimer toutes ses faces également.

Le fer étant ébauché aux dimensions voulues, après le dernier passage, l'aide-lamineur et le releveur portent rapidement la barre aux cylindres finisseurs, la passent par-dessus les cylindres au lamineur, qui l'engage dans les cannelures, et le travail s'achève en suivant la même marche que précédemment.

Dans la fabrication des fers plats de tout échantillon fabriqués aux laminaires à deux ou à trois cylindres, ainsi que dans celle des fers marchands carrés et ronds, c'est le lamineur seul qui retourne la barre. Dans la fabrication des fers ronds et carrés au petit laminoir, les barres sont retournées par le lamineur et par son aide à chaque passage.

L'opération du laminage exige beaucoup d'attention et d'adresse, soit pour engager le fer dans les cannelures convenables, soit pour éviter les accidents. Il est important que les barres soient conduites dans le plan des cannelures, sans quoi elles viennent moins droites, se tortillent, et se mâchent entre les arêtes des cannelures. Ce dernier effet a lieu surtout pour les fers ronds et carrés.

Le lamineur doit abandonner la barre lorsque sa tenaille est arrivée à 15 ou 20 centimètres au plus des cylindres, sans quoi elle peut se trouver prise, passer entre les cylindres et les faire rompre.

L'aide-lamineur doit tenir sa tenaille ouverte vis-à-vis la sortie des cannelures, pour saisir la barre dès qu'elle se présente, et reculer rapidement à mesure qu'elle sort. Il s'arrête aussitôt que la barre est dehors. Le releveur la soulève alors avec son crochet à hauteur du cylindre supérieur, et l'aide-lamineur la pousse; le lamineur la saisit à son tour, recule jusqu'à ce que le bout tombe sur le tablier, et il l'engage dans la cannelure suivante.

Les mêmes ouvriers laminent à la fois les produits de deux fours à réchauffer, et emploient environ une heure et demie à ce travail; et comme

le réchauffage dure deux heures en totalité, ils ont une demi-heure de repos après chaque opération.

Dressage des fers. Lorsque les barres sont finies, on les porte rouges encore sur une plaque en fonte à rebord, représentée Pl. 25, fig. 20, et que l'on nomme *plaque à dresser*. Des enfans, que l'on nomme *dresseurs*, munis de maillets en bois, les battent dans deux sens perpendiculaires, de manière à les dresser parfaitement, et les rangent contre le rebord de la plaque. Ils les enlèvent et les mettent à terre à mesure qu'elles sont assez refroidies pour ne plus se courber.

Pendant que le fer est encore rouge, les dresseurs y appliquent le poinçon ou la marque de l'usine.

Affranchissage des barres. Les extrémités des barres sont ordinairement défectueuses, irrégulières et mal soudées, parce que les trousses ne peuvent être comprimées par bout; et il est d'usage de les *affranchir*, c'est-à-dire de couper et d'équarrir ces extrémités. Dès que les barres sont froides, on les porte à la cisaille pour faire cette opération. Le déchet qu'elle occasionne, et que l'on nomme *déchet de cisaille*, est moyennement de $4\frac{1}{2}$ à 5 pour 100.

Les rognures ou *riblons* sont réemployés pour fabriquer du fer de très bonne qualité, par un procédé dont il sera question en parlant de l'affinage de la ferraille.

Les fers étant *affranchis*, sont prêts à être livrés au commerce.

Produit des laminoirs. L'opération du laminage est très prompte, et il ne faut pas, en général, plus d'une minute pour convertir une trousses en barre, en sorte que le produit d'un laminoir serait très considérable s'il pouvait toujours travailler sans autre interruption que les repos obligés pendant le réchauffage.

Mais les opérations antérieures, si bien ordonnées qu'elles soient, entraînent toujours un peu le laminage; et, en marche régulière, on ne doit pas compter au-delà des produits ci-après :

Pour un laminoir marchand fabriquant de gros fers, 80 tonnes par semaine ou pour six jours de travail.

Pour un laminoir marchand fabriquant des fers moyens, 60 tonnes par semaine.

Pour un petit laminoir à trois cylindres, produisant les plus forts échantillons en petits fers, 18 tonnes par semaine.

Et pour un petit laminoir ne produisant que de moyens et petits échantillons, 12 tonnes par semaine.

Qualité du fer. La qualité des fers laminés, à part l'influence de la qualité des fontes, dépend des opérations qu'ils ont subies.

Si l'on n'a pas mazé la fonte, qu'on cinglé aux cylindres dégrossisseurs, et qu'on ne forme pas de trousse pour fabriquer le fer marchand, celui-ci est de très mauvaise qualité, sans nerf, à facettes plus ou moins larges, et tellement cassant, qu'une barre peut se briser en plusieurs morceaux en la renversant à terre.

Le cinglage préalable au marteau améliore déjà ce fer sensiblement.

Le fer fabriqué de la même manière, mais avec du fin métal, est meilleur encore, et présente dans sa cassure un mélange de nerf et de facettes.

En puddlant sur fin métal, cinglant au marteau et formant des trousse, on obtient un bon fer, et l'on améliore beaucoup sa qualité en recoupant le fer marchand pour en former de nouvelles trousse. On obtient, par ce dernier moyen, le meilleur fer qu'on puisse avoir au laminoir, à part le fer de riblons, sans trop augmenter les frais de fabrication.

Le fer laminé en trousse présente ordinairement une cassure soyeuse, d'un gris clair, une espèce de nerf qui n'est pas toujours l'indice d'une bonne qualité, parce qu'il est produit par une réunion de fibres constamment comprimées et étirées dans le même sens, et qui ont quelquefois peu d'adhérence entre elles.

Souvent il suffit de recuire ce fer au rouge, pour que le nerf disparaisse en tout ou en partie; mais lorsqu'il reparait après le refroidissement, on peut être certain que le fer est très bon.

Le fer fabriqué au marteau est toujours meilleur que celui que l'on fait au laminoir avec les mêmes matières, d'abord parce que l'action du marteau est plus efficace pour chasser les moindres parcelles de scories interposées dans la masse, et ensuite parce que l'étirage au marteau exige plusieurs chaudes qui améliorent la qualité du fer. L'avantage de l'emploi des laminoirs est donc surtout dans la célérité de la fabrication et dans la parfaite égalité des barres d'un même échantillon.

Matières employées par tonne de fer. Selon les déchets plus ou moins considérables des diverses opérations, et les dimensions des fers, la mise de fonte aux 1,000 kil. de fer varie de 1,400 à 1,450 kil. pour les gros et moyens échantillons, et s'élève jusqu'à 1,500 kil. pour les petits fers.

En évaluant en houille tout le combustible employé depuis le finage

jusqu'au finissage, on trouve que la consommation par 1,000 kil. de fer est, au minimum, de 3,200 kil. de houille, et qu'elle peut s'élever jusqu'à 3,600 kil., non compris la consommation des fourneaux de machines, qui sera indiquée dans la Section suivante.

Ces limites supposent une houille de bonne qualité, et peuvent être dépassées d'un tiers à moitié en sus avec un combustible médiocre.

CLASSEMENT DES FERS.

Dans les forges à l'anglaise, on classe ordinairement les fers sous le rapport de leur qualité et sous celui de leurs dimensions.

On désigne par fers n° 0 ceux qui proviennent de bidons simplement réchauffés; par fers n° 1, les fers ordinaires à une trousse; par fers n° 2, les fers à deux trousse, et par fer n° 3, celui qui est fabriqué avec des riblons ou de la ferraille.

Sous le rapport des dimensions, les fers se classent ordinairement :

1°. En fers grosse forge, comprenant les plats de plus de 12 lignes de largeur, et de 6 d'épaisseur; les fers de 18 à 48 lignes de largeur, sur 4 d'épaisseur, et les fers carrés de 9 lignes et au-dessus.

2°. En fers petite forge, 1^{re} classe, comprenant les plats de 12 à 17, sur 4 et 5; de 18 à 48, sur 3; les carrés de 8 et 8 $\frac{1}{2}$; les ronds de 10 lignes et au-dessus.

2^e classe, comprenant les plats de 8 à 11, sur 4; ceux de 12 à 17, sur 2 $\frac{1}{2}$ à 3; les carrés de 6 à 7, et les ronds de 8 à 9.

3°. En fers martinets, par analogie avec les fers martelés qui portent ce nom.

1^{re} classe, se composait des plats de 8 à 11, sur 2 $\frac{1}{2}$ à 3; des carrés de 5, et des ronds de 6 et 7.

2^e classe. Plats de 6 et 7, sur 2 $\frac{1}{2}$ à 3; de 8 à 11, sur 2; carrés de 4 et 4 $\frac{1}{2}$; ronds de 4 $\frac{1}{2}$ et 5.

3^e classe. Plats de 6 et 7, sur 1 $\frac{1}{2}$ à 2; carrés de 3 et 3 $\frac{1}{2}$; ronds de 3, 3 $\frac{1}{2}$ et 4.

Ce classement, établi d'après les frais de fabrication qu'entraînent les divers échantillons, est susceptible de varier un peu, selon les localités et les exigences du commerce.

SECTION V.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE

SUR L'ENTRETIEN, LES FRAIS DE FABRICATION ET L'ORGANISATION DES FORGES
A L'ANGLAISE.

Les données réunies dans cette section ont été principalement recueillies à l'usine de Terrenoire (Loire), à une époque où la fabrication avait atteint dans son ensemble autant de régularité que possible. Celles qui se rapportent à l'organisation des forges ont été prises, non seulement dans cette usine, mais encore dans plusieurs établissements de France et d'Angleterre, le mieux constitués et le plus complets.

Ces données, basées sur une fabrication annuelle de cinq à sept millions de kilogrammes de fer, ne doivent pas, en général, être considérées comme absolues, mais comme des moyennes susceptibles d'augmentation pour les fabrications moindres, et de quelque diminution lorsqu'au contraire on travaille sur une plus grande échelle. On suppose, dans tous les cas, que les opérations soient bien conduites, se succèdent régulièrement et avec les moindres pertes de temps possibles.

Entretien du matériel.

Fineries. La destruction dans les fineries porte principalement sur les pièces de moulages qui forment l'entourage du creuset et les plaques de tuyères, sur les tuyères et sur la sole en briques réfractaires.

L'usé en moulages est d'environ 5¹/₄ par tonne de fin métal; mais on ne perd en réalité qu'à peu près le tiers de ce poids, et le surplus passe comme fonte brute aux fineries.

La durée d'une tuyère à eau correspond à un produit d'environ 55 tonnes de fin métal.

Pour la sole, il faut une brique réfractaire de 0^m10 d'épaisseur, 0^m25 de largeur et 0^m40 de longueur par trois tonnes de fin métal, en supposant ces briques de bonne qualité et faites avec tout le soin nécessaire. On les pose de champ sur un des grands côtés.

Fours à puddler et à réchauffer. On compte, pour l'entretien des fours, 21 à 22 briques réfractaires neuves par tonne de fer fini, dont $\frac{2}{3}$ environ employés pour les fours à réchauffer et $\frac{1}{3}$ pour les fours à puddler. Ces briques ont ordinairement 0^m06 d'épaisseur, 0^m12 de largeur et 0^m25 de longueur. Une partie des briques de démolition rentre dans les constructions, le reste est pilé pour faire de nouvelles briques ou pour mélanger à la terre réfractaire qui sert de mortier, et dont il faut 9^m5 par tonne de fer fini.

Il faut ordinairement renouveler les ponts de chauffe et les voûtes toutes les trois semaines, et reconstruire à neuf l'intérieur des fours tous les trois mois.

L'usé en moulages, pour les soles de fours, portes, seuils et tirsards, est de 0^m84 par tonne de fonte, mais les $\frac{2}{3}$ environ de ces moulages repassent aux fineries.

Lorsque le puddlage et le réchauffage se font sur soles de sable, il faut 90 kil. de quartz par tonne de fer fini, dont $\frac{2}{3}$ à peu près pour les fours à puddler et $\frac{1}{3}$ pour les fours à réchauffer, en réemployant pour les fours à puddler une partie des vieilles soles, que l'on pulvérise.

Marteau, dégrossisseurs et cisailles. Ce sont les ruptures des manches de marteau, des marteaux et des enclumes qui produisent la plus grande consommation de moulages pour le dégrossissage du fer. Cette consommation peut s'élever à 7 kil. par tonne de fer dégrossi, et rarement elle est moindre que 5 kil. : les cylindres dégrossisseurs et les cisailles y entrent, au plus, pour un $\frac{1}{10}$. Du reste, ces moulages repassent en totalité aux fineries, ou peuvent être réemployés dans les fonderies comme fontes brutes.

Cylindres finisseurs. L'usé en moulages pour les équipages finisseurs est moyennement de 2^m33 par tonne de fer fini. Les $\frac{3}{10}$ de cette quantité sont fournis par les cages, les manchons et les allonges, et le surplus par les cylindres.

Machines. L'usé en moulages pour roues d'engrenage, arbres et pièces de toute espèce dépendantes des communications de mouvement, est d'environ 1^m,16 par tonne de fer fini.

Pour le graissage des machines, des tourillons d'arbres et de cylindres, on use moyennement 0^m,10 d'huile et 1^m,11 de suif par tonne de fer dégrossi, et en outre, 0^m,216 d'huile et 1^m,434 de suif par tonne de fer fini.

Frais de fabrication.

On ne peut mieux donner une juste idée des frais de toute nature qu'entraîne la fabrication du fer par la méthode anglaise, qu'en les énumérant avec détail pour toutes les opérations successives. Ces frais sont, il est vrai, variables selon les localités, mais ils doivent conserver à peu près les mêmes rapports entre eux, sauf pour ce qui concerne les matières premières, et, par ce motif, il nous a paru utile de les faire connaître.

Les données ci-après ont été établies d'après les livres de fabrication de l'usine de Terrenoire, pour l'année 1828, et, quoique depuis lors on ait obtenu des économies sur la majeure partie des dépenses, on peut encore en faire usage aujourd'hui, sauf à les considérer comme des limites qu'il ne faudrait pas franchir.

Combustible pour les machines. Toute la force motrice de l'usine est fournie par trois machines à vapeur, dont une de vingt-sept à trente chevaux pour les deux fineries doubles à six et à quatre tuyères; une de trente-cinq chevaux pour mettre en mouvement le marteau, les cylindres dégrossisseurs et les petites cisailles; et une de quatre-vingts chevaux pour mener tous les équipages de cylindres finisseurs, et en outre, la tôlerie, la fenderie, les laminoirs à cercles, le tour et une grande cisaille. Toutes ces machines sont à basse pression.

Pour faire marcher la machine soufflante des fineries, on brûle de 72 à 80 kil. de houille par tonne de fin métal.

Avec les fineries simples à trois tuyères, on brûlait moyennement, pour la machine soufflante, 108 kil. de houille par tonne de fin métal.

Pour le dégrossissage du fer, la machine consomme en moyenne 227 kil. de charbon menu et grêle par tonne de fer dégrossi.

Enfin la machine des équipages finisseurs brûle 478 kil. de houille par tonne de fer fini de toute espèce.

Fineries. La fabrication journalière étant de 22 à 24 tonnes de fin métal, les frais par tonne se composaient des élémens ci-après :

Cassage de la fonte, pesage et port aux feux.....	» fr. 65 c.
Finage, main-d'œuvre des affineurs et aides.....	2 50
Décrassage des feux.....	» 20
Usé en moulages, déduction faite des bocages ou fontes réemployées.....	1 25
Entretien des feux en tuyères, outils et ustensiles divers.....	» 65

Total..... 5 fr. 25 c.

Par suite de l'accroissement de fabrication dû à l'établissement des deux fineries doubles, les frais de main-d'œuvre ont été réduits à 2 fr. 25 c., et ceux du cassage, etc., à 60 c. Les autres frais ont également subi une légère réduction.

Puddlage et dégrossissage. Les frais suivans sont répartis sur une fabrication de 5,000 tonnes, et sont établis pour une tonne de fer dégrossi.

Pesage de fonte et fin métal, port aux fours.....	0'875
Puddlage, main-d'œuvre.....	9,285
Martelage.....	1,385
Main-d'œuvre aux cylindres dégrossisseurs.....	1,425
Décrassage des fours.....	0,365
Machinistes et chauffeurs de la machine à vapeur.....	0,750
Main-d'œuvre de maçonnerie aux fours.....	0,540
Main-d'œuvre de charpentiers aux marteau et cylindres.....	0,150
Main-d'œuvre de réparations diverses.....	0,150
Fournitures de forge, en outils et réparation, aux fours.....	5,730
Fournitures de forge, en outils et réparation, au marteau.....	0,410
Fournitures de forge, en outils et réparation, aux dégrossisseurs.....	0,170
Fournitures de forge, en outils et réparation, à la machine.....	0,050
Moulages usés aux marteau et dégrossisseurs, boccages déduits.....	1,760
Moulages usés aux fours à puddler.....	0,200
Briques et terre réfractaires pour réparer les fours.....	2,490
Quartz pilé pour soles.....	0,070
Main-d'œuvre de tritonnage des quartz et terres.....	0,195
Total.....	26'000

Finissage. La fabrication ne s'étant pas élevée au-delà de 4,000 tonnes de fers finis de toute espèce, les tôles exceptées, les dépenses par tonnes de fer fini et livrable au commerce ont été ainsi qu'il suit :

Pesage, cisailage, port aux fours à réchauffer et affranchissage.....	0'680
Réchauffage, main-d'œuvre.....	3,080
Laminage, main-d'œuvre de toute nature.....	6,480
Bottelage des petits fers.....	0,425
Pesage des fers finis et main-d'œuvre pour expédition.....	0,985
Main-d'œuvre pour tourner les cylindres.....	0,330
Machinistes et chauffeurs de la machine à vapeur.....	1,025
Décrassage des fours.....	0,445
Journées de maçons aux fours.....	0,465
	13'915

	<i>Report</i>	13'915
Journées de charpentiers aux laminoirs et mouvemens.....		0,455
Journées aux réparations et entretien des laminoirs et mouvemens.....		1,290
Journées au trituration des terres, quartz et vieilles briques.....		0,290
Journées de chevaux pour trituration des terres, quartz et vieilles briques.....		0,250
Quartz pour soles.....		0,375
Briques et terre réfractaires pour entretien des fours.....		2,040
Réparations de forge aux laminoirs et fenderie.....		0,590
Réparations de forge à la machine, aux tours, aux cisailles, et aux divers ustensiles de l'usine relatifs aux fers finis.....		0,500
Moulages usés pour laminoirs, cisailles, tours, etc., déduction faite des bocages.....		0,885
Total.....		20'590

En supposant une fabrication de 6,000 à 7,000 tonnes de fers finis, on peut estimer de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{8}$ la diminution possible des frais de dégrossissage et de finissage, mais au-delà il n'y aurait probablement pas de réduction sensible, lors même qu'on atteindrait à 10,000 tonnes de fabrication annuelle, parce que les salaires d'ouvriers ne peuvent baisser au-delà d'un certain taux, soit qu'ils travaillent à journée, soit qu'ils travaillent à façon. Ce dernier mode est toujours le plus avantageux, et on doit l'établir pour tous les travaux qui en sont susceptibles.

Bases d'organisation.

Dans l'organisation des forges à l'anglaise, on ne compte ordinairement que sur deux cent soixante-dix jours de travail par an, ou au plus sur deux cent quatre-vingts, l'usage étant de ne travailler que six jours par semaine, et les fêtes usuelles enlevant toujours au-delà d'un mois au travail.

Pour l'évaluation des appareils et machines nécessaires, la semaine est prise pour unité de temps, et c'est d'après la quantité de produits à fabriquer pendant cette période que l'on règle le nombre de foyers de toute espèce, la quantité de machines-outils à employer, et la force motrice qu'il faut leur appliquer.

On doit de préférence se baser sur les plus forts déchets que l'on puisse passer sans rendre une fabrication onéreuse, et, à cet égard, on peut admettre comme limites convenables que

- 1,500 kil. de fonte brute doivent rendre 1,350 kil. de fin métal ;
- 1,350 kil. de fin métal, 1,200 kil. de fer puddlé ;
- 1,200 kil. de fer puddlé, 1,000 kil. de fer fini.

Les produits des fineries et des fours à puddler doivent être au contraire comptés au-dessous du maximum et dans les proportions suivantes :

Fineries à six tuyères, 130 tonnes de fin métal par semaine.

Fineries à quatre tuyères, 90 tonnes.

Fineries simples à trois tuyères, 48 tonnes.

Les fours à puddler servis par tournées de huit en huit heures peuvent être comptés comme produisant chacun 16,700 kil. de fer dégrossi par semaine lorsqu'on travaille sur fin métal, et 11,200 kil. en puddlant de la fonte.

Dans une usine destinée à fabriquer quatre à cinq mille tonnes de fer par an, il faut avoir deux ou trois fours à puddler de rechange, afin que la fabrication ne soit pas ralentie par les réparations. Quatre ou cinq fours de rechange suffisent pour une fabrication double.

Le nombre des fours à réchauffer est ordinairement la moitié de celui des fours à puddler; mais, dans beaucoup d'usines, on admet entre ces nombres le rapport de 5 à 12.

Un marteau cingleur, suivi d'un laminoir dégrossisseur, peut desservir aisément vingt fours à puddler, et, avec d'habiles ouvriers, il peut en desservir jusqu'à vingt-cinq.

Un laminoir dégrossisseur sans marteau, ou un marteau seul, suffisent pour quinze à seize fours à puddler.

Pour une fabrication de 100 à 125 tonnes de fer par semaine, il suffit d'une grande cisaille pour couper le fer dégrossi et affranchir les barres; mais il est préférable d'avoir, en outre, une petite cisaille pour ce dernier travail, surtout si les produits doivent dépasser 100 tonnes.

Le produit des laminoirs peut être compté comme il a été indiqué dans la Section précédente (*Finissage du fer*), c'est-à-dire :

A 80 tonnes par semaine pour chaque laminoir marchand travaillant en gros fers;

A 60 tonnes, pour les mêmes laminoirs travaillant en moyens fers;

A 18 tonnes, pour chaque petit laminoir travaillant en échantillons gros et moyens;

Et à 12 tonnes, pour les mêmes laminoirs ne confectionnant que des fers moyens et petits.

On compte ordinairement, qu'indépendamment des laminoirs préparateurs, il faut, pour le finissage du fer marchand, une paire de laminoirs pour cinq fours à puddler si l'on ne veut faire que de gros fer; une paire

pour quatre fours en faisant des échantillons moyens. Les deux paires, réunies en un seul train avec le laminoir préparateur, suffisent pour dix fours.

Les petits laminoirs s'établissent d'après la proportion de petits fers que l'on veut fabriquer; mais, dans la plupart des usines, il y a autant de petits laminoirs que de laminoirs marchands.

Un laminoir à tôle peut faire moyennement 10 tonnes par semaine, en tôles de tous échantillons, et ce produit s'ajoute à celui des laminoirs précédents.

Chaque laminoir à tôle, pour travailler sans interruption, doit être muni de deux fours à réchauffer et recuire les tôles. Un seul four à réchauffer ordinaire suffit pour préparer les bidons à deux laminoirs. (Voy. *Fabrication de la tôle.*)

Les laminoirs à cercles et à rubans, ainsi que les fenderies, n'ajoutent rien à la masse des produits d'une forge, parce que ces outils ne font que transformer des fers provenant des laminoirs marchands ou des petits laminoirs.

Le nombre de jeux de laminoirs à deux ou trois cylindres, nécessaire pour fabriquer tous les échantillons usuels, peut varier de 35 à 40, selon la distribution des cannelures.

Force motrice. A l'exception des machines soufflantes de fineries, dont la force motrice peut se calculer d'après le volume d'air à fournir et la pression sous laquelle il doit être lancé, ce n'est que par expérience que l'on peut parvenir à déterminer la puissance nécessaire pour fabriquer une quantité donnée de fer dans les forges à l'anglaise. On sent, d'ailleurs, que les différences dans l'exécution des pièces, dans la précision du montage, dans les frottements à raison de poids plus ou moins considérables, ainsi que dans la nature des fers et dans la température à laquelle on les travaille, sont autant de causes de difficultés dans les observations et de divergences dans les résultats, en sorte qu'on ne peut arriver qu'à des approximations, soit pour la force totale nécessaire, soit pour sa répartition entre les diverses machines-outils.

La force motrice pour les fineries se compte à part, et en prenant pour base le volume et la pression d'air indiqués dans la précédente section, il faut de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 chevaux de force par tuyère à alimenter (1). C'est sur ce

(1) Ici et dans ce qui suit, le cheval de force est compté à raison de 75 kil. élevés à 1 mètre par seconde.

piéd qu'a été établie, par M. Walter, la machine soufflante des fineries de Terrenoire, qui, ainsi qu'on l'a vu, donnent des produits très avantageux.

La force motrice pour une usine complète, non compris les fineries, varie, dans presque toutes les usines, pour une même production de fer; dans le Staffordshire (Angleterre) on donne ordinairement aux machines à vapeur une force de 60 chevaux pour une fabrication de 120 tonnes par semaine, soit 0,50 chevaux par tonne.

Dans la même contrée, il existe des forges fabriquant 180 tonnes par semaine, et qui emploient 120 chevaux de force, soit 0,66 chevaux par tonne.

Dans le pays de Galles, on emploie 65 à 70 chevaux de force pour fabriquer 120 tonnes, ce qui revient à 0,58 chevaux environ par tonne.

L'usine de Terrenoire, montée pour fabriquer au moins 200 tonnes par semaine, a une puissance motrice de 115 chevaux, soit de 0,575 chevaux par tonne.

Enfin, les forges de Decazeville, établies pour produire 250 tonnes par semaine, présentent, dans l'ensemble de leurs machines, une force de 120 chevaux, soit 0,48 chevaux par tonne.

En prenant la moyenne de ces diverses quantités, on trouve que la force correspondante à une tonne de fer par semaine est de 0,56 chevaux, ce qui s'éloigne probablement très peu de la force nécessaire et convenable.

Quant à la répartition de la force motrice entre les diverses industries d'une forge, voici comme elle doit se faire à peu près, selon les observations répétées plusieurs fois par M. Walter, à l'usine de Terrenoire :

Pour un marteau cingleur de poids et vitesse usuels.....	15 à 20 chevaux.
Pour un laminoir dégrossisseur.....	10 à 12
Pour une paire de cylindres marchands.....	7 à 8
Pour un jeu de petits laminoirs.....	4 à 5
Pour un laminoir à cercles.....	4 à 5
Pour un laminoir à rubans.....	3 à 4
Pour un laminoir à tôle.....	15 à 16
Pour un tour à cylindres.....	2 à 3
Pour une grande cisaille à excentrique.....	2 à 2 $\frac{1}{2}$
Pour une petite cisaille.....	$\frac{1}{2}$ à 1
Pour une paire d'espallards.....	4 à 5
Pour une fenderie.....	3 à 4

Ces nombres, appliqués à quelques usines, ont reproduit assez exactement les forces motrices qui y sont employées, et paraissent, par consé-

quent, s'éloigner peu du degré d'exactitude auquel on peut atteindre dans de semblables évaluations.

Toutefois, les nombres ci-dessus ne sont applicables qu'à l'ensemble d'une usine réunissant sur deux ou trois machines motrices, au plus, les diverses industries mentionnées, et eu égard à ce que ces industries ne fonctionnent presque jamais simultanément; mais lorsqu'on n'a à faire marcher que quelques industries séparées, il faut augmenter les forces indiquées d'un tiers en sus environ, parce que les frottemens dus au mécanisme et aux transmissions de mouvement sont proportionnellement plus considérables.

SECTION VI.

FABRICATION DU FER PAR PROCÉDÉS MIXTES.

Le besoin qui partout s'est fait sentir d'accélérer les anciens procédés de fabrication du fer, et d'y introduire plus d'économie, a fait naître l'idée de les modifier, et de disposer quelques anciennes forges de manière à y adapter une partie de la méthode anglaise, soit pour l'affinage de la fonte, soit pour l'étrépage du fer.

De là trois méthodes mixtes principales : la première, usitée dans le sud du pays de Galles, et que l'on désignera sous le nom de *méthode galloise*; la seconde, qui a reçu sa principale application aux forges de Ribnick, en Silésie, et à laquelle, par ce motif, on donnera le nom de *méthode silésienne*; la troisième, connue sous le nom de *méthode champenoise*, est pratiquée en France dans plusieurs usines des départemens de la Meuse, de la Haute-Marne et de la Côte-d'Or.

Méthode galloise.

Cette méthode consiste à affiner la fonte en employant d'abord du coke, puis du charbon de bois, et à forger ensuite le fer sous le marteau, en le réchauffant dans un foyer alimenté au coke. Elle est principalement em-

ployée pour préparer le fer destiné à la fabrication de la tôle avec laquelle on fait le ferblanc.

Elle se divise en trois opérations : 1°. le *finage* ou *mazéage* ; 2°. l'*affinage* au *charbon de bois* ; 3°. le *soudage* et l'*étréage*.

Le *finage* s'exécute au coke dans un petit feu de finerie à une seule tuyère, d'une manière analogue à celle indiquée dans la IV^e section. Le creuset a de 25 à 27 centimètres de profondeur au-dessous de la tuyère ; sa forme est à peu près celle d'un carré de 50 à 60 centimètres de côté. On le construit, soit en briques réfractaires, soit en fortes plaques de fonte ; mais, dans tous les cas, le devant est fermé par une plaque de fonte dans laquelle est réservé un trou de coulée. L'inclinaison de la tuyère est variable : au commencement de l'opération, elle est presque horizontale, afin d'accélérer la fusion, et lorsque la fusion est achevée, on l'incline de plus en plus, de manière que vers la fin du mazéage le vent plonge à peu près vers le milieu du creuset pour mieux décarburer la fonte.

On charge à chaque opération de 165 à 170 kil. de fonte, qui rendent 145 à 150 kil. de fin métal. Le finage dure de une heure à une heure un quart, et l'on consomme moyennement 650 kil. de coke par tonne de fin métal.

On conduit le travail de manière que le fin métal était coulé en plaque et refroidi par les moyens ordinaires, ne soit pas caverneux ou ne le soit que légèrement à sa surface, parce qu'il convient mieux ainsi pour l'affinage. Le plus ordinairement, le fin métal étant arrivé au point convenable, on le fait couler immédiatement dans le foyer d'affinerie, qui est alors placé à un niveau inférieur.

Les fontes que l'on traite ainsi sont en général de bonnes fontes provenant de fourneaux au coke ; mais les fontes au charbon de bois peuvent être traitées de la même manière, en modifiant l'inclinaison de la tuyère, et surtout la profondeur du creuset, selon leur nature. (Voyez les art. *Affinage*, section II et IV.)

La quantité d'air nécessaire pour une petite finerie est d'environ 200 pieds cubes par minute.

L'*affinage* au *charbon de bois* s'exécute dans un foyer semblable aux affineries françaises, et placé, comme ces dernières, sous une vaste cheminée soutenue par des piliers de fonte. Le creuset a environ 0^m54 de largeur, 0^m70 de longueur, et n'a qu'une seule tuyère placée horizontalement à 0^m19 au-dessus du fond.

L'affinage précédent étant terminé, on arrête le vent, on nettoie le creuset, et on rejette une partie du charbon et des scories du côté de la tuyère, en préparant une cavité du côté opposé pour recevoir le fin métal en fusion. Dès qu'il y est rassemblé, on l'arrose d'un peu d'eau pour solidifier les scories surnageant, on enlève la plus grande partie de ces dernières, et on recouvre le métal de charbons incandescents provenant de l'opération précédente. L'affineur donne alors le vent, en l'augmentant graduellement pendant cinq ou six minutes, de manière qu'après ce temps le foyer reçoive toute la quantité d'air nécessaire jusqu'à la fin de l'opération, c'est-à-dire de 180 à 200 pieds cubes d'air par minute.

Il brasse presque constamment le métal jusqu'à ce qu'il commence à prendre consistance, puis ensuite il soulève la masse pour la présenter à la tuyère. Dès qu'il la juge suffisamment affinée, ce qui arrive au bout de trois quarts d'heure environ, il la divise pour former plusieurs lopins de fer du poids de 5 à 6 kil., que l'on forge séparément.

On se sert, à cet effet, d'un marteau à drôme semblable à ceux des forges anciennes, dont le poids est de 320 à 340 kil., et qui frappe de 100 à 110 coups par minute, lorsqu'on lui donne toute sa vitesse.

On forge les lopins en petites plaques à peu près carrées et de 6 à 7 lignes d'épaisseur, on les plonge immédiatement après dans l'eau, puis on les partage en deux ou trois morceaux au moyen d'un hacheron sur lequel frappe le marteau.

On consomme, dans l'opération de l'affinage, de 9 à 11 hectolitres de charbon de bois de chêne ou de hêtre, par 1,000 kil. de fer en plaques, c'est-à-dire au plus 265 kil. de charbon.

Il faut observer, toutefois, que le fer n'est pas complètement affiné, et qu'on ne l'amène qu'au degré nécessaire pour qu'il puisse soutenir le choc du marteau. A cet état, il est cassant, et ne présente dans sa cassure qu'un grain très gros et de larges facettes.

Le soudage et l'étrépage ont pour but de donner au fer la qualité et la ductilité qu'il doit avoir pour l'usage auquel on le destine. Le soudage s'opère dans un four alimenté au coke et muni d'une tuyère, représenté par les fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. 32. Il se compose d'un foyer FF et de deux chauffes latérales AA. La sole SS du foyer est faite en poussier de coke, préalablement humecté et bien battu; on lui donne une certaine concavité et de l'inclinaison vers le laitier l pratiqué sur le devant II du four. Les soles des chauffes sont faites en briques réfractaires posées de champ. Sous

l'une des chaufferes est pratiquée, dans la paroi du foyer, une ouverture de tuyère *a*, dans laquelle s'engage la buse *b* qui porte le vent dans le foyer. L'ouverture de cette buse varie de 4 à 5 centimètres de diamètre.

On introduit le coke dans le foyer par un tisdard *T*, devant lequel est une plaque *GG*, où l'on entasse ce combustible de manière qu'il bouche l'ouverture du tisdard.

Sur le devant du four sont les baies *O, O*, des portes par lesquelles on introduit le fer dans le foyer, et celles des chaufferes; ces baies sont fermées par des portes *P, PP'*, garnies en briques réfractaires, et manœuvrées au moyen de bascules.

Les chaufferes *A, A* communiquent avec le foyer et en reçoivent la chaleur par des passages *B, B*; c'est dans ces chaufferes que le fer reçoit une première chaude et acquiert la chaleur rouge avant d'être porté dans le foyer. Les petits fours ne sont quelquefois munis que d'un seul compartiment de cette espèce.

En avant des portes est une plaque *HH* sur laquelle on pose les paquets de fer à souder, et qui sert à les faire passer facilement des chaufferes dans le foyer.

Tout l'intérieur de ce four est construit en briques réfractaires; l'extérieur est en briques ordinaires consolidées par des armatures en fer ou en plaques de fonte. Il n'y a pas de cheminée.

Le foyer étant rempli de coke incandescent jusqu'à 5 ou 6 centimètres du niveau des portes, on donne le vent. En même temps on charge les soles des chaufferes de troussees composées de 5 ou 4 plaquettes de fer affilé, et que l'on place sur une barre de fer aplatie à l'une de ses extrémités, comme l'indiquent les *fig. 2 et 4*. Bientôt le coke est complètement embrasé, et les troussees parviennent presque au rouge blanc; on les porte alors dans le foyer, en faisant reposer le bout de la barre sur un appui *m*, ménagée dans l'intérieur du four, de manière que le métal se trouve au-dessus du combustible sans le toucher; on ferme ensuite les portes *P* en bouchant les ouvertures avec un peu de terre grasse. Quand les troussees sont parvenues au blanc soudant, ce qui exige très peu de temps, vu qu'elles étaient rouges en entrant dans le foyer, on les porte sous le marteau, où les plaquettes sont soudées ensemble et sur la barre de fer, puis on étire rapidement en barres de 10 centimètres de largeur sur 5 d'épaisseur. Ces barres sont ensuite recoupées en morceaux de 0^m80 à 0^m90 de longueur.

Aussitôt que les chaufferes sont libres, on y porte de nouvelles troussees;

et après chaque soudage le chauffeur a soin d'introduire du coke dans le foyer pour l'entretenir toujours à même hauteur.

Le peu de scories qui s'écoule des trouses est absorbé par la sole en poussier de coke, et cette dernière peut souvent servir pendant deux semaines. Si les scories viennent à s'amonceler, ce dont on s'aperçoit par l'obstruction de la tuyère, on perce le laitierol *l*, qui est ordinairement bouché, et on facilite leur sortie avec un ringard.

Lorsqu'il est nécessaire de refaire la sole, on défait le muret II, *fig.* 3 et 4, qui ferme le devant du fourneau, pour enlever tout ou partie de l'ancienne sole, selon le besoin.

Le fer ainsi fabriqué est d'une excellente qualité, et peut être placé immédiatement après le fer de Suède.

Dans ce procédé on consomme 1,380 kil. de fonte pour obtenir 1,166 kil. de fer en plaques, lesquelles rendent 1,000 kil. de fer en barres. Ainsi le déchet total est de 27,5 pour 100.

La consommation de coke pour le soudage est d'environ 450 kil. par tonne de fer en barres.

En résumant les consommations de coke par tonne de fer en barres, on trouve qu'elle est de 1,240 kil. de coke et de 310 kil. de charbon de bois, ce qui présente une économie très considérable pour ce dernier combustible.

On fait marcher simultanément deux fineries et deux foyers d'affinage, lesquels sont desservis par un seul marteau. Il faut deux fours de soudage et un second marteau pour l'étrépage; ce marteau pèse 450 à 500 kil., et frappe 100 coups par minute. Une usine ainsi composée peut produire par semaine 12 à 13 tonnes de fer en barres.

Ce procédé est susceptible d'être employé avec avantage pour la fabrication des fers ordinaires, en affinant davantage le fer, le forgeant en lopins de 10 à 12 kil., et le réchauffant ensuite dans des feux de chaufferie, ainsi que cela se pratique dans la méthode champenoise, dont il sera bientôt question. La consommation de charbon de bois serait plus considérable; mais en admettant qu'elle soit doublée, il y aurait encore une économie importante, et la fabrication marcherait beaucoup plus rapidement.

Méthode silésienne.

Depuis 1811, on suit, à Ribnick, Haute-Silésie, une méthode d'affinage qui consiste à faire rougir la fonte dans des fours à réverbère alimentés à

la houille, puis à la porter dans cet état aux feux d'affinerie, où elle est traitée à l'ordinaire au charbon de bois. Les loupes sont cinglées sous des marteaux, en pièces ou lopins prismatiques, et ces derniers, après avoir été réchauffés à la houille dans un four à réverbère, sont ensuite étirés au laminoir.

A l'origine de ce procédé, on mettait la fonte en complète fusion dans les fours à réverbère, et on la recevait ainsi dans les affineries; mais on renonça bientôt à ce moyen, quoiqu'il procurât une plus grande économie de charbon de bois, parce que la fusion opérée sur de trop petites quantités à la fois produisait des déchets trop considérables, et occasionnait une trop forte consommation de houille.

A l'usine de Ribnick, il y a deux fours à réverbère pour la préparation de la fonte, quatre feux d'affinerie, deux marteaux à drôme pour cingler les loupes, un four à réchauffer et un équipage de laminoirs pour étirer le fer.

Les fours à réverbère qui servent à faire rougir la fonte ont une sole plane de 3^m40 de longueur sur 0^m82 de largeur. La plus grande hauteur de leur voûte est de 0^m51, et leur chauffe a de 0^m75 à 0^m80 sur 0^m50 à 0^m55. On leur donne un assez faible tirage pour que la fonte ne puisse entrer en fusion. Sur un des côtés de la sole sont trois portes à bascules qui servent à introduire et à retirer la fonte.

Les feux d'affinerie ont 0^m27 de profondeur de la sole à la tuyère, 0^m77 de longueur de la face de chio à celle de la rustine, et 0^m72 de la face de tuyère à celle de contrevent. Les plaques de rustine et de contrevent sont inclinées en dehors du foyer d'environ 5 degrés, et les autres sont verticales. La tuyère est placée à 0^m27 de la rustine, inclinée de 10 degrés, et avance de 0^m09 dans le foyer. La buse est de 0^m18 en arrière de l'œil de la tuyère.

Les marteaux à paumes étroites, comme celles des marteaux des forges françaises, pèsent de 260 à 280 kil., et frappent de 95 à 100 coups par minute.

Le four à réchauffer est à peu près construit comme ceux des forges à l'anglaise, et a les mêmes dimensions.

La fonte étant cassée en morceaux du poids de 200 kil. environ, on la porte dans les fours à réverbère, et lorsqu'elle est rouge, on la transporte aux feux d'affinerie sur de petits chariots en fer. L'affinage se pratique absolument comme dans la méthode allemande, et l'on n'y emploie que du charbon de bois de pin et de sapin.

A chaque opération on enlève environ 50 kil. de fer par attachement, en lopins de 10 à 12 kil.; le reste de la masse est réuni en une loupe qu'on cingle sous le marteau, où on la divise en quatre lopins.

Les lopins sont transportés à l'atelier des laminoirs, et là ils sont réchauffés et étirés en barres de divers échantillons, ainsi que cela se pratique dans la méthode anglaise.

Dans cette méthode, le déchet de la fonte pour produire les lopins est de 25 pour 100, et les lopins subissent, en outre, un déchet de 10 pour 100 dans leur conversion en barres, en sorte qu'il faut 1,480 de fonte par 1,000 de fer fini. Le déchet total est donc de 32,5 pour 100, tandis que, par l'ancienne méthode, il n'était que de 28,58.

La consommation de combustible pour la préparation de la fonte et pour l'affinage est de 75⁷/₇₂ de houille et de 0^m,625 cubes de charbon de bois par 100 kil. de lopins; et la consommation au réchauffage pour convertir ces derniers en barres est de 43²/₂ de houille par 100 kil. de fer en barres.

En établissant la consommation de combustible par 100 kil. de fer en barres, d'après les déchets ci-dessus indiqués, on trouve qu'elle est de 127¹/₃₃ de houille et de 0^m,694 cubes de charbon de bois, ce qui, à raison de 148¹/₅ le mètre cube, fait 103 kil. de ce dernier combustible.

Par l'ancienne méthode d'affinage à l'allemande, on consommait 190¹/₈₂ de charbon par 100 kil. de fer en barres; ainsi la nouvelle méthode a procuré une économie de 46 pour 100 sur ce combustible.

Chaque four à réverbère, soit pour chauffer la fonte, soit pour réchauffer les lopins, emploie deux ouvriers; et chaque feu d'affinerie est desservi par cinq ouvriers chargés, en outre, du englage. Ces ouvriers se relèvent par postes de douze heures.

Chaque feu d'affinerie livre de 3,850 à 4,000 kil. de lopins par semaine, en sorte que chaque marteau prépare le double de cette quantité. La fabrication annuelle de fer en barres est moyennement de 125 tonnes, tandis que, par les anciens procédés, elle s'élevait, au plus, à 69 tonnes.

Bien que la méthode silésienne entraîne à des frais assez considérables de matériel, et qu'elle occasionne de plus forts déchets de fonte, ces dépenses sont plus que compensées par l'économie du combustible, et par les diminutions de main-d'œuvre et de frais généraux, qui sont la conséquence d'une fabrication plus considérable. Cependant elle est encore loin de répondre aux améliorations qu'on avait en vue en l'établissant, parce

qu'on a été forcé, jusqu'à présent, de traiter dans les feux d'affinerie de la fonte grise de hauts-fourneaux à coke, et que cette fonte, plus chargée de silicium que la fonte au charbon de bois, est plus difficile à affiner que cette dernière. Il y aurait eu certainement plus d'économie à la mazer préalablement comme dans la méthode galloise, ou à la blanchir par une seconde fusion.

Méthode champenoise.

Dans cette méthode, on s'est proposé d'accélérer l'affinage de la fonte, d'opérer sur de plus grandes quantités, et de supprimer totalement, dans la fabrication du fer, l'emploi du charbon de bois, dont le prix devient de plus en plus élevé.

A cet effet, on soumet la fonte au puddlage direct, au moyen de la houille; puis, après avoir cinglé les balles sous le marteau, on étire le fer par le même moyen, en le réchauffant dans des *chaufferies* également alimentées à la houille.

On n'emploie pour ce travail que des fontes au charbon de bois, blanches ou truitées, mais plus ordinairement blanches.

Dans quelques usines, on se sert encore de fours doubles pour l'opération du puddlage, mais plus généralement on se sert de fours à deux soles, semblables à celui que représente la Pl. 16.

Dans presque toutes les usines, on se sert, pour cingler les loupes, d'un marteau à drôme du poids de 500 à 550 kil., disposé comme l'indique la Pl. 7; mais aux forges de Jean-d'Heures (Meuse), on se sert du marteau à ordou en fonte, représenté par les Pl. 8 et 9, et dont la panne est plate. Cette disposition évite le battage des loupes au marteau à main, rassemble mieux le fer sans nuire à l'écoulement des scories, et permet de faire les lopins plus promptement et avec plus de régularité.

Les chaufferies employées sont de deux espèces. Les unes, telles que celles des forges de Jean-d'Heures, représentées par la Pl. 6, sont de simples retardières disposées pour le chauffage; les autres sont des foyers à peu près carrés, de 0^m50 à 0^m55 de côté, sur 0^m25 à 0^m27 de profondeur, fermés de trois côtés et couverts d'une petite voûte qui se prolonge en réverbère jusqu'à une cheminée placée latéralement. La sole est plane, sans pont, et a 0^m60 de largeur, sur 1^m50 à 1^m60 de longueur. Sur le côté antérieur du four, formé par la voûte, et près du foyer, se trouve une porte, par laquelle on introduit les lopins qui doivent être travaillés

dans l'opération subséquente. Là, ils sont soumis à l'action de la flamme qui s'échappe du foyer pour se rendre à la cheminée, et commencent à se réchauffer. On les pousse ensuite dans le foyer, où ils reçoivent une chaude suante (1).

Dans les chaufferies découvertes, les lopins commencent à se réchauffer sur des barres de fer ou chenets placés en dessus du foyer, comme l'indique la *fig. 5*, Pl. 6.

Les deux espèces de chaufferies reçoivent le vent par une seule tuyère, contenant une ou deux buses. La quantité de vent qui leur est nécessaire est de 100 à 120 pieds cubes d'air par minute.

Les marteaux sous lesquels se fait l'étrirage en barres sont des marteaux à drôme ordinaires, comme celui qui est figuré par les Pl. 7 et 8.

Le puddlage de la fonte s'opère dans un bain de scories riches, comme il a été indiqué dans la cinquième Section. Aux forges de Jean-d'Heures, la charge des fours est de 200 kil., et l'on fait dix-huit opérations par vingt-quatre heures; ainsi chacune d'elles ne dure qu'une heure vingt minutes.

Avec les fontes blanches, ou truitées blanches, que l'on emploie dans cette usine, le rendement en lopins cinglés est moyennement de 185 kil. par charge, en sorte que le déchet ne s'élève qu'à 7,5 p. 0.

La consommation de houille par tonne de fer est à peu près la même que celle indiquée dans la Section précédente.

Les loupes, au sortir des fours, sont trainées sous le marteau cingleur, et sont converties en lopins de 10 à 15 cent. d'équarrissage, sur 40 à 42 cent. de longueur.

Le réchauffage se fait à l'ordinaire, en engageant les lopins ou pièces par un bout dans les feux de chaufferies, et l'on étire les fers en barres, en suivant la marche usitée dans les forges à l'allemande.

Il faut une chaufferie pour chaque four à puddler, et ces deux feux peuvent alors fabriquer jusqu'à 16 tonnes de fer en barres de gros échantillon par semaine ou en six jours, et moyennement 12 tonnes en échantillons assortis.

Le déchet à l'étrirage est de 16 à 17 pour 100.

Ce procédé exige peu de frais d'établissement, et il est surtout avant-

(1) Ces chaufferies ont la plus grande analogie avec les affineries à réverbère dont il sera question dans la dernière section de cette Partie.

geux dans les localités où l'on ne peut avoir que de la fonte de mauvaise qualité, parce que ces fontes, traitées dans les fours à puddler, donnent un fer moins cassant que si leur affinage s'effectuait au charbon de bois.

On n'obtient en général qu'un fer de qualité médiocre, mais on l'améliore sensiblement en prenant les précautions suivantes :

1°. Faire écouler une partie des scories de puddlage lorsque les balles sont formées, afin qu'elles s'affinent plus complètement sous l'action du courant d'air. Le surplus du déchet qui en résulte est, au plus, de 1 pour 100 sur les lopins.

2°. Éviter l'emploi de la houille pyriteuse pour le réchauffage, et ne plonger les lopins dans le foyer que lorsque la houille est réduite en coke.

3°. Ne pas conserver trop de scories dans la chaufferie, afin que le fer, plus exposé à l'action du vent, puisse mieux s'épurer.

En employant ces moyens, on ne consomme encore, au plus, que 1,250 kil. de fonte par tonne de fer. Lorsqu'on n'en fait pas usage, la consommation peut se réduire à 1,200 kil. ; mais presque toujours on n'obtient qu'un fer à gros grains et cassant.

La consommation de houille aux chaufferies est à peu près la même, quelle que soit la disposition de ces foyers. On brûle ordinairement 1,000 kil. de houille par 1,000 kil. de fer en barres.

Dans quelques usines, on n'a adopté ou conservé du procédé champenois, que le puddlage ; et on se sert de charbon de bois pour le réchauffage et l'étrépage, parce le fer acquiert ainsi plus de qualité. La consommation de charbon pour cette opération varie de 90 à 110 kil. pour 100 de fer.

Il est probable que le coke, et surtout celui que l'on fabrique à l'air libre, serait employé avec avantage pour réchauffer le fer ; on éviterait ainsi, ou du moins on diminuerait considérablement les inconvénients que produit le soufre contenu dans les houilles.

SECTION VII.

AFFINAGE DE LA FERRAILLE.

L'élaboration des ferrailles et des *riblons*, ou rognures de fer, offre un moyen d'utiliser ces matières, et d'obtenir, surtout lorsqu'elles sont employées seules, un fer d'excellente qualité, très doux, très nerveux, et qu'il est presque impossible de casser à froid sans le secours de la tranche.

On peut employer même la ferraille la plus menue, telle que les petites rognures de tôle, les clous, les bouts de fil d'archal, toute sorte de casserie, etc., en ayant soin toutefois d'écarter les parties qui contiennent du cuivre ou du zinc, parce que ces métaux sont un obstacle invincible au soudage.

On convertit les ferrailles en fer, soit en les mélangeant à la fonte ou au fin métal, lorsque ces matières ont déjà subi un affinage suffisant; soit en les traitant seules. Les premiers moyens peuvent convenir lorsqu'on ne dispose que d'une faible quantité de ferrailles; mais lorsqu'on peut opérer sur des masses, il est préférable de les élaborer seules, parce que le fer obtenu est beaucoup meilleur et a une plus grande valeur. Il est propre surtout pour la fabrication des essieux et de toutes les pièces exposées à de grands efforts ou à des chocs.

La fabrication du fer par le seul soudage des ferrailles est avantageux dans le voisinage des grandes villes, si toutefois on peut s'y procurer le combustible à un prix modéré, parce que ces villes peuvent fournir abondamment les matières premières, et offrent en même temps de vastes débouchés aux produits fabriqués. Aussi plusieurs établissemens existent-ils aux environs de Paris et de Londres.

On suit deux procédés différens pour affiner la ferraille avec la fonte dans des feux d'affinerie au charbon de bois.

Dans l'un, on opère dans des feux d'affinerie ordinaires, et l'on y jette la ferraille en petite quantité lorsque la loupe est déjà formée. Elle s'y soude, et l'on traite alors la loupe à la manière ordinaire. Dans ce mode d'opérer,

la ferraille ne subit qu'un très faible déchet, parce qu'elle est promptement abritée de l'action du vent, et la consommation de charbon est loin d'augmenter dans le rapport de la plus grande quantité de fer qu'on obtient. Il n'en est plus de même si l'on ajoute trop de ferraille : non seulement les déchets et la consommation de charbon augmentent, mais une partie de ce fer, qui est déjà dans un état parfait d'affinage, absorbant du carbone, devient dure, aciéreuse, et nuit à la qualité des produits de la loupe.

Le second procédé, qui a pour but principal le traitement de la ferraille, avec une faible addition de fonte, exige un foyer de plus grandes dimensions. On lui donne 0^m78 de longueur, 0^m63 de largeur et de 0^m57 à 0^m59 de profondeur au-dessous de la tuyère. Cette dernière est presque horizontale, de manière à donner un vent rasant. Après avoir garni le pourtour du creuset avec du fraisil, on le remplit de charbon jusqu'à hauteur de la tuyère ou un peu plus, puis on charge de la sorne provenant d'opérations précédentes et cassée en petits morceaux; on y ajoute une quantité de fonte à peu près égale à un douzième du poids de la ferraille, et on recouvre le tout de charbon. La fusion de ce mélange s'opère entre les deux couches de charbon, et l'on modifie la force du vent selon qu'il faut accélérer ou retarder l'affinage. Si la matière est disposée à loucher, on donne un vent fort, et l'on procède inversement si elle reste trop liquide, afin que le métal soit toujours affiné en tombant dans le creuset, et d'éviter autant que possible de le soulever. Si néanmoins la matière reste trop liquide, il faut y ajouter des battitures, et la soulever pour la refondre avec lenteur.

Quand la sorne et la fonte sont liquéfiées, on jette du charbon dans le creuset, et on recouvre ce combustible avec environ moitié de la charge de ferraille. Cette dernière parvenue au rouge, on la comprime à coups de marteau, et l'on y ajoute alors l'autre moitié. On accélère alors le ramollissement et la descente du métal en piquant le feu de temps à autre pour favoriser le passage du vent dans tous les sens au travers du charbon. Quand tout le fer est tombé dans le creuset, on brasse, et on forme la loupe. Il faut éviter que le métal ramolli ne s'attache aux plaques du foyer, parce qu'il descendrait alors plus lentement, ferait plus de déchet, et deviendrait dur en se combinant au carbone.

Dans une opération bien dirigée, et lorsque les ferrailles ne sont pas trop menues, le déchet peut se réduire à 10 pour 100, mais ordinairement il est de 12. Avec des débris très menus, tels que des buchilles de tour, il

y a une très forte oxidation , et le déchet s'élève souvent à 30 ou 40 pour 100.

La quantité de ferrailles que l'on traite à la fois pour former une loupe varie de 75 à 100 kil.

Quoique ce procédé donne de très bon fer, il est peu avantageux, parce que la consommation de charbon est très grande; on brûle de 9 à 12 mètres cubes de charbon, selon sa nature, soit moyennement, en poids, de 1,500 à 2,200 kil. de combustible par tonne de fer obtenu.

Dans plusieurs usines de France et d'Angleterre, on traite les riblons et la ferraille, avec le fin métal, dans des fours à puddler, en les ajoutant au moment où le fin métal commence à entrer en fusion. Après cette addition, on donne un fort coup de feu, puis on continue les opérations du puddlage à l'ordinaire. Le travail n'est pas plus long, souvent même il est un peu accéléré, et il présente l'avantage de produire plus de fer avec une moindre consommation relative de houille.

La quantité de ferraille ajoutée peut varier du cinquième au sixième de la charge totale du four, à moins que ces débris soient menus et fassent un trop gros volume, auquel cas il est convenable d'en réduire la proportion à un huitième ou à un neuvième.

Travail au réverbère. Le traitement de la ferraille seule se fait généralement dans des fours à réverbère, alimentés à la houille, soit en la nettoyant préalablement, soit en l'employant sans cette préparation, qui est aujourd'hui peu en usage, parce qu'on a reconnu que la rouille et la terre dont la ferraille peut être chargée ne sont pas un obstacle au soudage.

Pour nettoyer la ferraille, on se servait de tonneaux en fonte percés de trous et tournant sur un axe en fer. On y introduisait à la fois de 300 à 400 kil. de débris, et, après avoir fait tourner le tonneau pendant une heure, une heure et demie ou même deux heures, selon l'espèce et l'état de la ferraille, cette dernière en sortait parfaitement nettoyée et blanche comme du fer limé.

Que la ferraille soit nettoyée ou non, on en compose des *fagots* ou *paquets*, dont les dimensions varient dans presque toutes les usines, mais dont la forme est toujours celle d'un prisme à base carrée ou rectangulaire. L'équarrissage de ces fagots varie de 0^m11 à 0^m16, et leur longueur de 0^m40 à 0^m50. Le soudage se fait mieux et plus facilement dans les petits, mais le déchet est plus considérable et le travail marche avec moins de rapidité.

On prépare ces fagots sur un établi ou bane, entre des broches de fer convenablement placées, et on forme leur pourtour, soit de bouts de barres, soit de plaques de tôle. On place la menue ferraille dans l'intérieur, en la comprimant fortement; puis on lie ces fagots solidement, soit avec de petites bandes de fer, soit avec du gros fil d'archal, de manière qu'ils puissent être maniés sans se défaire. Les fagots de plus grandes dimensions doivent avoir au moins trois ligatures.

Lorsque les enveloppes en tôle ou en morceaux de fer sont difficiles à trouver, on peut remplacer les côtés des fagots par des lattes de bois blanc, mais les dessus et les dessous doivent toujours être en bandes de fer ou en tôle.

Les fours dont on fait usage sont des fours à réchauffer de grandes dimensions, semblables à ceux qu'on emploie pour le travail du fer dans les forges à l'anglaise. Il faut que ces fours aient un tirage très rapide, et que leur voûte soit assez surbaissée, afin qu'ils soient portés promptement à une très haute température et que le fer ne soit pas exposé trop long-temps à l'action de l'air. Pour rendre encore cette action moindre, le pont de chauffe doit être élevé d'au moins 16 centimètres au-dessus de la sole. Cette dernière doit être horizontale ou très légèrement inclinée vers la cheminée, afin de retenir les scories, qui protègent toujours un peu le bas des fagots contre l'oxidation.

Le eimglage et l'étirage des fagots se fait au moyeu de marteaux, de cylindres dégrossisseurs et de cylindres finisseurs, comme dans les forges à l'anglaise.

Un four étant préalablement chauffé au blanc, on y charge le nombre de fagots qu'il peut contenir à nu sur la sole; ou place ces fagots dans le sens de la longueur du four, en les espaçant assez pour qu'ils ne se soudent pas les uns aux autres. On ferme la porte du four et on la marge avec de l'argile; après quoi, on pousse le feu vivement, en entretenant toujours la grille bien couverte de combustible.

Lorsque les fagots les plus rapprochés du pont sont parvenus au blanc soudant dans toute leur masse, le chauffeur les retire, en suivant la même marche que pour les troupes (Section IV), et les porte sous le marteau; puis on les passe au laminoir dégrossisseur, où on les étire en barres de 24, 30, 36 ou 42 lignes de largeur, sur 9, 12 ou 14 lignes d'épaisseur. Ces dimensions peuvent, du reste, varier sans inconvénient pour le travail subséquent, et lorsqu'on ne veut former que de petites troupes, on ne donne quelquefois à ces barres que 6 à 7 lignes d'épaisseur.

Les fers étant dégrossis, on les recoupe à la cisaille pour en former des troupes ou de nouveaux fagots. Les troupes se composent, comme à l'ordinaire, de cinq ou six bouts de barres superposés; les fagots se composent de deux rangs de troupes placés l'un contre l'autre, et qu'on lie fortement avec de petites bandes ou de gros fil de fer : on leur donne les mêmes dimensions qu'aux fagots de ferraille.

Pour obtenir de plus beaux fers et diminuer l'oxidation des surfaces intérieures, on fait encore les seconds fagots de la manière suivante : Le dessous est formé d'une large bande à plat; les côtés, chacun d'une bande posée de champ sur la barre de dessous; le milieu se compose de quatre ou cinq bandes qui remplissent l'intervalle et la hauteur des côtés, et l'on recouvre le tout par une barre plate comme celle du dessous. Ces fagots sont ensuite fortement liés.

On porte les troupes ou les fagots de fer dégrossi aux fours à réchauffer, puis on lamine en barres finies.

Lorsqu'on veut obtenir des barres de plus belle apparence et sans défauts, on leur donne une troisième chaude. Dans ce cas, à la seconde chaude, on ne fait passer les paquets que dans deux ou trois cannelures pour bien opérer le soudage; on les remet au feu pendant cinq minutes environ, et on achève de les étirer à l'échantillon voulu.

Pour faire ce troisième réchauffage, il faut avoir des fours semblables aux fours de fonderie, représentés Pl. 30.

Déchets et consommations. En employant la ferraille brute, mais choisie de manière à ne pas être trop menue, le déchet à la première chaude varie de 12 à 15 pour 100; le déchet à la seconde chaude, de 6 à 8; et celui de la troisième, de $1\frac{1}{2}$ à 3; en sorte que le déchet total est de 20 à 24 pour 100.

En employant de la ferraille très menue, le déchet total s'élève souvent jusqu'à 33 pour 100, et l'accroissement porte principalement sur les deux premières chaudes.

Lorsqu'on se sert de ferraille uettoyée, et dont le déchet dans le tonneau est très variable, on ne perd à la première chaude que 9 à 10 p. 100; à la deuxième, 6 à 7; et à la troisième, $1\frac{1}{2}$.

Quand on se borne à donner deux chaudes, la consommation de houille dans les fours varie de 940 à 950 kil. par tonne de fer fini. Elle est de 1,100 à 1,110 kil. lorsqu'on donne une troisième chaude.

Pour la fabrication des petits fers, on procède absolument comme on

l'a indiqué dans la quatrième Section, en recoupant en bidons de 40 à 50 centim. de longueur les fers ébauchés de seconde chaude, et les réchauffant une troisième fois.

Le fer de ferraille est, en général, très bon, mais il est rarement susceptible de prendre un beau poli, surtout lorsque les premiers fagots n'ont pas été cinglés au marteau. Ce mode de cinglage devrait toujours être employé, parce que le fer est alors bien plus nerveux, et qu'il contient beaucoup moins de pailles ou de cendres.

Produits mensuels des fours. Selon l'échantillon des fers, cinq fours, dont deux pour les premières chaudes, deux pour les secondes, et un pour le troisième réchauffage, peuvent produire de 120 à 150 tonnes de fer fini par mois.

Travail au coke. Les déchets de la méthode que l'on vient de décrire étant considérables, et la qualité du fer se trouvant altérée par l'emploi de la houille, lorsque cette dernière est par trop sulfureuse, on a abandonné cette méthode dans plusieurs usines d'Angleterre, et l'on y traite maintenant la ferraille dans des fours alimentés de coke et activés par une machine soufflante.

Ces fours sont les mêmes que ceux dont on fait usage pour l'affinage mixte par la méthode galloise, et leur construction est indiquée par les *fig.* 1, 2, 3 et 4, Pl. 32.

On forme les paquets ou fagots comme on l'a expliqué précédemment, mais on ne leur donne, au plus, que 50 centimètres de longueur, sur 15 de largeur et d'épaisseur.

Ces fagots, placés sur une barre plate, sont introduits dans les chauffées latérales, et y parviennent à la chaleur rouge. On les porte alors dans le foyer, où la ferraille se soude, puis on cingle sous le marteau, et l'on étire le fer en bandes plates. Ces bandes sont recoupées pour former des trousse, que l'on traite comme dans la méthode galloise.

Le déchet total pour les deux chaudes ne s'élève pas à plus de 16,5 pour 100, et la quantité de combustible brûlé varie de 880 à 910 kil. par tonne de fer fini.

SECTION VIII.

FABRICATION DE LA TOLE.

On désigne sous le nom de *tôle* le fer réduit en feuilles planes de diverses dimensions en surface, et dont l'épaisseur est plus ou moins petite. On divise les tôles en tôles *minces*, *moyennes* et *fortes*.

Les premières comprennent les feuilles de $\frac{1}{4}$ ligne à $1\frac{1}{4}$ ligne d'épaisseur; les secondes comprennent toutes les feuilles de plus de $1\frac{1}{4}$ ligne jusqu'à 3 lignes; et les dernières toutes les feuilles de plus de 3 lignes jusqu'à la plus grande épaisseur, qui n'excède pas ordinairement 6 lignes.

D'après les anciens procédés de fabriquer la tôle, encore en usage dans quelques pays, on réduisait le fer en feuilles au moyen de marteaux, dans des usines auxquelles on donnait le nom de *tôleries* ou de *batteries*. Mais, outre la lenteur de l'opération, qui exigeait de nombreuses chaudes, augmentait le déchet de fer et la consommation de combustible, on ne parvenait jamais à donner à la tôle une épaisseur uniforme, et une surface parfaitement unie.

L'imperfection de ce genre de travail l'a fait abandonner généralement, pour y substituer celui des laminoirs, beaucoup plus économique, et dont les produits sont aussi parfaits que possible. Par ces motifs, il ne sera pas question ici des procédés de fabrication par le battage.

Le fer dont on se sert pour travailler au laminoir étant préparé sous forme de *maquette*, *bidon*, *target* ou *languette*, ainsi qu'on le verra plus loin, est d'abord chauffé au blanc, puis dégrossi; on lui fait subir ensuite un ou plusieurs réchauffages, après chacun desquels il est étiré entre des cylindres parfaitement unis. Le fer étant réduit à l'épaisseur voulue, on le recuit, et lorsqu'il est refroidi, on le rogne sur tout son pourtour pour former des feuilles rectangulaires et de dimensions déterminées.

DES FOURS.

Les fours dont on fait usage sont de deux espèces, les *fours à réverbère* et les *fours dormans*: les premiers peuvent être alimentés à la houille ou au bois, les seconds le sont toujours à la houille.

Les *fours à réverbère* se divisent en *fours à chauffer* et en *fours à ré-*

chauffer et recuire. Dans quelques usines, on ne fait usage que de cette dernière espèce de four pour commencer et achever le travail ; mais généralement, et surtout dans les usines où l'on fabrique des tôles d'une assez forte épaisseur, on se sert des fours à chauffer pour élever la température du fer avant le laminage, et des autres fours pendant l'opération du laminage et jusqu'à son achèvement.

Fours à chauffer. Ces fours ne sont pour la plupart que des fours à réchauffer, semblables à ceux dont on se sert pour le soudage des troussees dans les forges à l'anglaise ; ils sont construits sur les mêmes principes, et, pour l'ordinaire, dans les mêmes dimensions. Il n'est pas nécessaire qu'ils soient plus grands, parce qu'on ne peut y placer beaucoup de maquettes à la fois, vu la marche du laminage.

Fours à réchauffer et recuire. Ces fours diffèrent des précédents, en ce que leur sole est rectangulaire, et que la porte de travail est placée à l'extrémité opposée de la grille. La Pl. 26 en présente deux différentes dispositions. La première, indiquée par les *fig.* 1 à 5, est applicable aux fours isolés, et dans le cas où l'on manque d'espace en superficie. La cheminée est alors placée sur le four même et supportée par des colonnes ou par de forts montants en fonte. La seconde, représentée par les *fig.* 6 à 10, convient pour les fours accolés deux à deux, et doit être préférée, même pour un seul four, toutes les fois qu'on n'est pas gêné pour l'espace, parce qu'elle est moins dispendieuse, plus commode, pour établir convenablement l'échappement des flammes et pour faire les réparations. La cheminée est alors placée latéralement ou entre les massifs de deux fours.

Ce que l'on se propose dans ces fours, c'est d'obtenir un chauffage suffisamment actif, aussi uniforme que possible, dans toute l'étendue de la sole, et d'éviter une trop forte oxidation du fer.

L'activité du chauffage s'obtient par le rapport entre la surface de la grille et la section de la cheminée. Ce rapport peut varier entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{2}$, selon l'effet que l'on veut produire.

L'uniformité et l'intensité de chaleur sur la sole dépendent de la disposition de la voûte, de l'étendue de la sole et du mode d'échappement des flammes.

Si les fours doivent servir à chauffer les maquettes, et que l'on ait besoin d'une très haute température, il faut surbaisser la voûte d'autant plus qu'on veut chauffer plus fort. Si, au contraire, les fours ne doivent servir qu'au réchauffage des feuilles, la voûte doit être plus relevée, afin

qu'on ne puisse pas atteindre la chaleur éclatante, qui aurait l'inconvénient de faire souder les feuilles entre elles.

La surface de la sole se proportionne à la grandeur des feuilles que l'on se propose de faire, et doit, par ce motif, être plus grande pour les tôles fortes que pour les tôles minces. La surface à donner à la grille se détermine d'après celle de la sole, en supposant toujours l'emploi d'une houille assez grasse, parce que c'est celle qui convient le mieux pour diminuer l'oxidation. On adopte, entre la surface de la sole et celle de la grille, le rapport de 3 à 1 au *maximum*, celui de 2 à 1 au *minimum*, et le rapport ordinaire est celui de 2,5 à 1.

La largeur de la sole est uniforme, et presque toujours égale à la dimension de la grille dans le même sens. Cependant elle peut outre-passer cette dimension de 20 à 30 centimètres sans inconvénient, en répartissant cet excédant également des deux côtés de l'axe ou milieu du four. Si la largeur de la sole excède trop la grille, le chauffage est moins fort sur les côtés que vers le milieu; il n'y a aucun inconvénient à ce que la grille excède la largeur de la sole, mais il vaut mieux éviter cette disposition, parce qu'elle complique la construction.

On ne donne pas habituellement à la sole une longueur moindre que 1^m 60, ni plus grande que 3^m 30; sa largeur varie de 1^m à 1^m 30. Ces dimensions dépendent surtout de celles des feuilles à fabriquer.

Les soles sont faites en briques réfractaires posées de champ; elles portent 2 ou 3 lignes de chenets parallèles à l'axe. Ces chenets sont des barres de fer de 7 à 8 centimètres d'équarrissage, ou des saumons de fonte de 8 à 11 centimètres de hauteur; ils ont pour but de laisser circuler la flamme librement en tous sens, afin que les feuilles ou les plaques soient également chauffées.

On oblige la flamme à s'étendre sur toute la longueur de la sole, en plaçant les échappemens au niveau de la sole, à droite et à gauche, comme l'indiquent les lettres *a* et *a'*, *fig.* 6 à 8, Pl. 26; ou si l'échappement est placé au sommet de la voûte, on construit en arrière de la porte un diaphragme *l*, *fig.* 1 à 3, presque aussi surbaissé que la porte, et qui force la flamme à se rabattre sur l'extrémité de la sole. La première disposition est préférable, parce que l'extrémité des feuilles est mieux chauffée, et mieux abritée de l'air qui rentre par la porte lorsqu'on la soulève.

On peut aussi adopter le mode de double échappement du four de fenderie représenté par la Pl. 30, et qui consiste à évacuer la flamme par un

passage *a*, *fig. 3*, situé à la partie antérieure de la sole, tant que le four est fermé; et à la diriger dans la cheminée par un passage *b* pratiqué dans la voûte, lorsqu'on ouvre la porte de travail. Cette disposition a le double avantage de chauffer parfaitement, et de préserver les ouvriers des jets de flamme lorsque la porte est levée. (Voyez la Description.)

Il est important, pour diminuer l'oxidation, de ne pas exposer le fer au contact immédiat de la flamme; on donne à cet effet au pont de chauffe *A* une hauteur qui ne doit pas être moindre que 20 à 22 centimètres au-dessus de la sole, et qui s'élève quelquefois jusqu'à 45 centimètres.

Si l'on brûle de la houille grasse, que le tirage soit un peu lent, et que la voûte du four soit élevée, le pont de chauffe peut être plus bas que si l'on se sert de houille moyenne et d'un tirage vif avec une moindre hauteur de voûte, parce que, dans le premier cas, il échappe moins d'air à la combustion, soit en traversant le foyer, soit en circulant dans le four. On chauffe d'ailleurs plus par réverbération de la voûte que par le contact de la flamme.

Lorsqu'on chauffe à la houille, on place ordinairement la grille à 50 ou 60 centimètres au-dessous de la crête du pont de chauffe, en suivant à cet égard les règles indiquées, Section III, p. 69. Si l'on veut chauffer au bois, il faut modifier les fours dans le sens indiqué, p. 72.

Il suffit de donner aux cheminées des fours de tôlerie une hauteur de 9 à 10 mètres; comme celles des fours à puddler et à réchauffer, elles sont munies d'un registre pour régler le tirage pendant le travail.

Il est nécessaire d'avoir deux fours à réchauffer par laminoir, afin de diminuer les intermittences du travail, de ne pas être obligé de charger une trop grande quantité de fer à la fois, et d'entretenir plus facilement les feuilles à la température voulue sans renouveler trop fréquemment le combustible.

Pour les détails de construction, d'ailleurs analogues à ceux des autres fours à réverbère, nous renvoyons aux descriptions de planches et aux figures.

Fours dormans. Dans quelques contrées, et particulièrement en Belgique, on se sert encore de fours dormans pour chauffer le fer. Ces fours représentés par les *fig. 5 à 8*, Pl. 32, se composent d'une grille spacieuse recouverte par une voûte, et d'une cheminée placée en dehors et au-dessus de la porte de travail, en sorte qu'elle ne sert qu'à évacuer la flamme et la fumée, sans produire de tirage. Ces fours n'ont pas de sole, et

le fer que l'on veut chauffer se place sur la houille dont la grille est chargée.

Par cette disposition, on économise le combustible; mais il faut beaucoup de soin pour préparer le lit de houille, et, malgré toutes les précautions, on ne peut éviter que l'air non décomposé traverse la grille sur quelques points. Il se forme alors de petits jets qui oxydent le fer, et percent souvent la première feuille lorsqu'on fait de la tôle mince.

Cet inconvénient grave n'a pas lieu pour les fours à réverbère, et, par ce motif, ces derniers méritent la préférence, quoiqu'ils occasionnent une consommation un peu plus forte de combustible. Ils se prêtent d'ailleurs parfaitement à la conduite du feu, tandis que, dans les autres, on ne peut renouveler le lit de houille que lorsque toutes les feuilles sont étirées, d'où résulte souvent un refroidissement dans le four, et, par suite, un ralentissement dans le travail.

DES LAMINOIRS.

Les laminaires employés pour fabriquer la tôle se composent de deux cylindres unis, montés dans des cages semblables à celles des laminaires dont on se sert pour le fer en barres, ou entre des colonnes en fer.

Laminaires à cages. Dans beaucoup d'usines, on se sert de cages à vis de pression, seulement on les fait plus fortes que pour le fer en barres, on donne un plus grand diamètre aux vis, qui doivent toujours être en bon fer forgé, et l'on fait les filets de ces vis plus forts, à cause des chocs qu'ils ont à supporter. Les vis de pression doivent avoir, au moins, 12 à 15 de diamètre extérieur, et les filets de 12 à 15 millimètres d'épaisseur, avec une profondeur de 10 à 11. Les écrous doivent être en bronze de bonne qualité, afin de ne pas se refouler.

Les montans de cages ne doivent pas avoir des dimensions moindres que celles indiquées par la Pl. 27; et même avec ces dimensions, il arrive encore assez fréquemment que des cages bien saines soient brisées.

Laminaires à coins. Afin d'obvier aux inconvénients qu'offrent souvent les vis et les écrous de se refouler et d'arrêter ainsi la manœuvre d'un laminaire, on a imaginé de substituer aux vis des coins de pression. Cette disposition, indiquée par la Pl. 27, est facile à comprendre, et l'on peut voir, au surplus, l'explication de ses divers détails dans les descriptions. Elle exige un ajustage assez exact de toutes les parties qui concourent à la pression, sans quoi elle est sujette à autant d'inconvénients que le système

à vis, qui est plus simple. Si, par exemple, il arrive que le fer engagé ne puisse passer et arrête le mouvement des cylindres, les coins sont tellement serrés qu'on ne peut les faire rétrograder qu'avec la plus grande difficulté, et rarement sans endommager le mécanisme. Les manivelles des vis de serrage sont, de plus, incommodes dans certaines positions, et gênent le passage des feuilles par-dessus le cylindre supérieur, lorsqu'on fabrique de larges tôles. Cet inconvénient est d'ailleurs très faible, parce qu'on peut employer des manivelles assez courtes dans le travail ordinaire, et avoir de longues manivelles dont on ne ferait usage qu'accidentellement.

Laminoirs à colonnes. Dans ce système de disposition, représenté par la Pl. 28, chaque cage est remplacée par deux fortes colonnes en fer, fixées à la partie inférieure dans une même embase A A, et reliées à la partie supérieure par un chapeau mobile B B. Ce chapeau porte sur les tourillons du cylindre supérieur. Chaque colonne est filetée en vis, et reçoit un écrou en bronze E, au moyen duquel et d'une manivelle ou clé à plusieurs branches on opère la pression sur le chapeau.

Dans ce système, la pression se répartissant sur quatre écrous dont les filets sont très forts, l'inconvénient du refoulement dont on a précédemment parlé est extrêmement rare, si les écrous sont faits en bronze de bonne qualité, et qu'aussi que les colonnes, ils soient filetés avec précision. Les colonnes en fer résistent mieux que les cages en fonte, et ne se brisent que par des défauts de soudure.

Les inconvénients de l'emploi des colonnes sont que les bâtis ont moins de stabilité; qu'on ne peut les relier invariablement dans aucun sens par leurs parties supérieures; qu'il faut manœuvrer quatre écrous dont le serrage ne peut être et n'est jamais absolument le même; que les chapeaux qui doivent être évidés, comme l'indique la *fig. 7*, pour le logement des bouts de cylindres et des manchons, cassent assez souvent, parce qu'ils sont trop faibles au milieu, et qu'on ne peut accroître leur force qu'en allongeant les colonnes, ce qui augmente encore l'instabilité du système.

En présence de ces inconvénients, il y a l'avantage, assez important, de diviser les chances de rupture, et de les porter principalement sur les chapeaux, qui peuvent être remplacés facilement et à peu de frais.

Ce système, monté avec soin, fonctionne bien, et n'exige pas de fréquentes réparations; mais, en général, on ne peut l'appliquer avec succès qu'à des laminoirs de petite et moyenne force.

Nombre de laminoirs. Quel que soit le système de laminoirs employé, il est convenable d'avoir deux équipages, dont l'un sert à dégrossir les fers, et l'autre à finir les feuilles. Ces équipages peuvent être montés bout à bout; mais il est préférable de les placer sur deux lignes parallèles, afin de rendre leurs mouvemens indépendans. De cette manière, le travail ne peut jamais être complètement arrêté que par les accidens qui peuvent survenir au moteur, s'il est le même pour les deux équipages.

Bascules. Afin d'empêcher que le cylindre supérieur retombe de tout son poids sur le cylindre inférieur, après le passage du fer, et endommager ainsi ces deux pièces, on se sert de bascules qui font à peu près équilibre au poids du cylindre supérieur et des pièces qui se meuvent avec lui. Ces bascules peuvent s'adapter aux cages mêmes des laminoirs, comme l'indique la Pl. 27, et sont alors logées dans la fosse inférieure, ou bien être portées par les fermes de la toiture de l'usine.

Dans le premier cas, elles sont suspendues à des chapes en fer H, H, fig. 1 et 2, Pl. 27; des leviers K, K portent à l'une de leurs extrémités des contre-poids P P, et à l'autre extrémité des tiges N, N, qui, traversant verticalement les cages, vont supporter l'empoise inférieure du cylindre de dessus. Dans le second cas, les tourillons de ce cylindre sont embrassés par un étrier en fer II, fig. 2, Pl. 28, et cet étrier est relié solidement, soit au moyen d'une articulation, soit au moyen d'une clame S, à une tige verticale R, qui est attachée au levier de la bascule.

Pour les laminoirs à colonnes, on ne peut employer que les bascules en dessus; alors les étriers qui embrassent les tourillons sont boulonnés avec les chapeaux, et ceux-ci sont reliés avec les tiges de bascule, comme l'indique la fig. 2.

Si les bascules ont l'avantage de conserver les cylindres, elles ont l'inconvénient d'accroître l'intensité du choc contre les vis ou les écrous de pression et contre le dessus des cages, en annulant le poids du cylindre supérieur et des parties qu'il entraîne, et il en résulte des ruptures plus fréquentes de tourillons et de cages, à moins qu'on n'augmente les dimensions de ces parties. Il n'y a aucun inconvénient à rendre les cages plus fortes; mais il résulte de l'augmentation de diamètre des tourillons une plus grande consommation de force motrice. Aussi voit-on des usines dans lesquelles les bascules sont absolument rejetées, soit par l'une, soit par l'autre des raisons précédentes.

Chevalets, gardes. Pour soutenir les feuilles ou les paquets de tôle à l'entrée des cylindres, et pour les recevoir à la sortie, on adapte aux embrasses D, D des colonnes, *fig. 3*, Pl. 28, ou aux traverses analogues des cages deux longues barres de fer HH, dont les extrémités recourbées sont fixées dans le sol. Ces barres sont nommées *chevalets* ou *chevaux*. Sur celles qui sont du côté de l'entrée, on place une plaque de fonte ou tablier T pour recevoir le fer à lamier.

Du côté de la sortie, et sur la traverse D, sont fixées deux ou trois pièces en fer G, dont l'extrémité, coupée en biseau, vient s'appuyer sur le cylindre inférieur. Ces pièces se nomment *gardes* ou *chiens*, et servent à empêcher les feuilles de s'enrouler autour du cylindre.

La *fig. 1* fait voir la disposition des gardes et chevalets dans le sens parallèle aux cylindres.

Qualités des cylindres. Il ne suffit pas que les cylindres à tôle soient bien unis sur toute leur surface, il faut encore que cette surface soit dure pour ne pas s'égrener et pour produire des feuilles lisses. On obtient ce résultat en coulant la table des cylindres dans une *coquille* ou moule en fonte d'une épaisseur de 22 à 27 centimètres. Le contact de cette coquille produit à la surface un refroidissement prompt qui blanchit et durcit la fonte à une épaisseur de 10 à 15 millimètres. Les parties de moules qui forment les tourillons et les trèfles sont en sable, pour conserver à la fonte sa douceur et sa ténacité. On ne doit se servir que de fontes de première qualité, soit grises, soit truitées grises. Les cylindres ébaucheurs, n'ayant pas besoin de surface aussi dures et aussi unies, peuvent être coulés simplement en sable, et alors il faut y employer de préférence une bonne fonte truitée, parce qu'elle est un peu plus dure que la fonte grise.

Dimensions des cylindres. La longueur des cylindres est proportionnée à la largeur de la tôle que l'on veut fabriquer habituellement; elle doit excéder cette largeur de 11 à 16 centimètres au plus. Le plus fort excédant est souvent nécessaire pour les laminoirs à colonnes, parce que les chapeaux couvrent une partie du cylindre supérieur, et diminuent ainsi la largeur du passage des feuilles au-dessus de ce cylindre.

On ne donne pas aux cylindres un diamètre de moins de 40 centimètres, ni de plus de 50. La première dimension ne convient guère que pour les longueurs de table de 1 mètre et au-dessous; la seconde s'applique aux tables de 1^m40 à 1^m60 de longueur. Entre 1^m et 1^m40, on se sert de diamètres

intermédiaires croissant avec la longueur de la table. En général, il faut donner aux cylindres un diamètre plutôt fort que faible, parce qu'il faut les mettre assez fréquemment sur le tour pour les replaner.

On donne aux tourillons des plus petits cylindres 22 centimètres de diamètre; à ceux des plus forts cylindres, 27 centimètres, et à ceux des cylindres intermédiaires, 24 à 25 centimètres. Malgré ces fortes dimensions, il arrive encore assez fréquemment que les tourillons se rompent, surtout si l'on n'a pas la précaution de les rafraîchir par un filet d'eau.

Vitesse des cylindres. On doit donner aux cylindres d'autant plus de vitesse que la tôle doit être plus mince, parce que le fer se refroidit plus promptement, et qu'il faut alors le réchauffer plus souvent, ce qui ralentit le travail et augmente les déchets par oxidation.

Pour les tôles minces, on leur fait faire jusqu'à quarante tours par minute; pour les tôles moyennes, vingt-cinq à trente tours, et pour les tôles fortes, vingt à vingt-deux tours. Ces nombres peuvent varier en plus ou en moins, selon le diamètre des cylindres, et en raison inverse de ce diamètre ou du développement de la circonférence.

Force motrice nécessaire. Les laminoirs destinés à la fabrication des tôles minces exigent une force de quinze à vingt chevaux; pour les tôles moyennes, il faut une force de vingt-cinq à trente chevaux, et pour les tôles fortes et larges, il faut souvent une force de quarante à quarante-cinq chevaux. Dans tous les cas, il faut appliquer aux machines un volant puissant; sans cela leur mouvement se ralentit très sensiblement pendant le passage des feuilles, et quelquefois elles sont arrêtées.

Communication du mouvement. Le mouvement du moteur est communiqué par divers engrenages, au besoin, à un pignon qui le transmet au cylindre inférieur, au moyen d'une alonge et de manchons. Sur ce pignon, Pl. 28, fig. 1, est placé un second pignon qui reçoit le mouvement du premier, et le transmet, par les mêmes moyens, au cylindre supérieur. Ce dernier étant mobile dans le sens vertical, il faut employer de grandes alonges, si le pignon supérieur est fixe, afin d'éviter les ruptures. Dans quelques usines, on élève le pignon supérieur en même temps que le cylindre correspondant, au moyen de la même baseule; mais il faut alors que les dents des pignons soient très longues, d'où résulte qu'elles sont plus sujettes à se briser, et que l'engrènement des dents ne se fait pas aussi régulièrement.

DES OUTILS.

On se sert pour le travail du laminage de pinces ou tenailles de diverses dimensions. Toutes sont à mors plats, de 15 à 16 centimètres de longueur, dont les bouts sont forgés en biseaux pour pouvoir les introduire entre les feuilles.

Les tenailles des chauffeurs ont des branches de 1^m20 à 1^m30, afin qu'ils puissent travailler dans les fours sans trop souffrir de la chaleur. Celles des lamineurs et aide-lamineurs ont des branches de 0^m80 à 1^m; et celles des manoeuvres ou releveurs n'ont pas ordinairement plus de 60 centimètres de branches, pour qu'ils puissent s'en servir avec plus de facilité.

Pour rogner les tôles, on se sert de cisailles plus ou moins fortes, selon l'épaisseur des feuilles. Ces cisailles sont en tout semblables à celles dont on a parlé Sect. III, p. 75, et sont mises en mouvement par la machine motrice. Quelquefois on emploie des cisailles à main, à longue lame, pour couper les feuilles très minces; le rognage marche alors plus rapidement, et se fait mieux.

CONDUITE DU TRAVAIL.

Choix du fer. La qualité de la tôle dépend de celle du fer employé à sa fabrication. On doit se servir de préférence des fers à la fois mous et très malléables à chaud comme à froid. Les fers rouversins et cassans doivent être exclus : les premiers, parce qu'ils se criquent au laminage; les seconds, parce qu'ils ne donnent qu'une tôle de très mauvaise qualité, quoiqu'ils s'étirent assez bien à chaud. Le fer fort et dur donne une tôle de très bonne qualité, et très recherchée pour les objets qui doivent éprouver de grands efforts; mais il est plus difficile et plus long à laminier que les fers mous, exige de fréquents réchauffages, d'où résultent plus de déchets et une plus grande consommation de combustible.

Préparation du fer. La préparation du fer varie selon l'espèce de tôle que l'on veut obtenir. Pour les tôles minces; on se sert de fer plat, préparé soit au laminoir, soit au marteau, soit par les deux moyens réunis. Sa largeur doit être la plus grande possible, parce que c'est dans le sens de cette dimension que se fait l'étirage, et que ce travail est d'autant plus abrégé que le fer est plus large.

On ne peut établir de règle à l'égard de cette largeur, parce qu'elle varie d'une usine à l'autre, et souvent dans la même usine, pour des tôles de

mêmes dimensions ; elle change, du reste, pour chaque espèce de tôle. Quant à l'épaisseur, elle doit avoir avec la largeur du fer une relation telle que l'on puisse obtenir, outre la longueur de la feuille, l'excédant nécessaire au rognage. Si, par exemple, on veut faire de la tôle de 1 ligne d'épaisseur sur 6 pieds de longueur net, ou de 6 pieds 6 pouces avant le rognage, avec du fer de 8 pouces de largeur ; comme cette dernière dimension est contenue neuf fois trois quarts dans la longueur de la tôle, l'épaisseur du fer doit être aussi de neuf fois trois quarts celle de la feuille ou de $9 \text{ lignes } \frac{3}{4}$. Il importe, sous le rapport de l'économie, de ne pas excéder beaucoup les épaisseurs nécessaires, parce qu'alors les déchets de cisaille deviennent trop forts, et qu'en outre la durée du laminage est prolongée.

Les fers, pour tôles fortes, se préparent le plus ordinairement au marteau, à cause des dimensions qu'il faut leur donner, et pour leur faire acquérir plus de nerf.

Quel que soit le mode de préparation, les fers sont coupés à la cisaille, à chaud ou à froid, selon leurs dimensions, et à une longueur précisément égale à la largeur de la tôle qu'on veut obtenir. Les morceaux, ainsi formés, reçoivent le nom de *maquette*, *bidon*, *larget* ou *languette*.

Ouvriers nécessaires. Il faut, pour chaque four, un chauffeur et un aide. Il y a ordinairement pour le service de chaque laminier quatre ouvriers, qui sont le *lamineur*, l'*aide-lamineur*, et deux *releveurs*. Le lamineur est l'ouvrier qui engage le fer et dirige le travail ; l'aide-lamineur reçoit le fer et le repasse au lamineur, par-dessus le cylindre supérieur, avec le secours des releveurs placés des deux côtés des chevalets. Un releveur peut suffire pour les tôles de petit échantillon, et quelquefois on augmente le nombre de ces ouvriers dans la fabrication des très fortes tôles.

À la cisaille, il faut un *cisailleur* et un nombre d'aides suffisants pour présenter les tôles, et pour les mettre en tas après qu'elles sont finies. Ce nombre varie selon les dimensions des feuilles.

Enfin, outre ces ouvriers, il faut des manœuvres pour approvisionner les fours en fer et combustible.

Tous ces ouvriers sont relevés par tournées de huit ou de douze heures.

Chargement et chauffage des fours. La quantité de fer qu'on place dans les fours à chauffer dépend de la force de la machine comprimaute, et on

peut en charger d'autant plus à la fois que cette machine est plus puissante et fonctionne plus vite. On doit rassembler le fer le plus près possible du pont de chauffe, afin qu'il soit moins exposé à l'action du courant d'air.

Avant de charger, le four doit être au rouge blanc et la grille doit être bien convertie de houille, de manière qu'il échappe le moins d'air possible à la combustion. On chauffe avec rapidité pour moins oxider le fer; l'on rajoute du combustible sur la grille, s'il est nécessaire, puis, dès que le laminage commence, on abaisse le registre de la cheminée, et quelquefois on ferme le cendrier, afin de maintenir la température au degré convenable sans l'outre-passer. On doit éviter de faire une nouvelle charge de combustible, parce que l'air qui se précipite par le tisdard forme sur le fer une couche d'oxide très nuisible au travail et à la beauté des produits.

C'est surtout dans les fours à réchauffer que ces précautions doivent être prises, et elles sont d'autant plus nécessaires que le fer est plus mince et offre plus de surface. C'est aussi dans ces fours que le chauffage doit se faire avec le plus de rapidité pour diminuer l'oxidation.

Le fer doit toujours être porté à la chaleur blanche ou presque blanche, afin qu'il puisse passer un plus grand nombre de fois entre les cylindres sans être réchauffé, et qu'on ne soit pas obligé de trop multiplier les chaudes. Celles que l'on ne porte qu'au rouge-brun sont les plus mauvaises, parce qu'elles produisent une couche d'oxide très dure et très difficile à enlever.

Laminage. Les languettes étant chauffées à blanc, le chauffeur en saisit une, et la porte au maître lamineur. Celui-ci la présente en travers entre les cylindres, de manière que la longueur du fer forme la largeur des feuilles; l'aide-lamineur la reçoit et la repasse au maître par-dessus les cylindres. On continue cette manœuvre aussi long-temps qu'elle peut se répéter sans réchauffer; et à chaque passage on serre les vis de pression, de manière à étirer le plus possible pendant cette première chaude, mais en s'arrêtant toujours avant le point de chaleur où le fer pourrait se gercer.

Ce travail se fait au laminoir préparateur, et se termine diversement selon l'espèce de tôle à produire et le mode de travail adopté.

Pour la fabrication de la tôle mince, on a adopté, dans beaucoup d'usines, l'usage de plier les feuilles en deux dans le sens de leur largeur, après le premier étirage. Cette opération est faite par deux aides-lamineurs

qui reçoivent et plient les feuilles alternativement, et les repassent au maître-ouvrier, qui les met de côté.

Les feuilles ainsi pliées prennent le nom de *doublons*. Avant de les porter au four, on les trempe dans l'eau *d'arbue* que l'on fait en délayant, dans de l'eau, un mélange d'argile, de craie et de poussier de charbon. Cette opération a pour but de préserver les feuilles de l'oxidation, et d'empêcher qu'elles se soudent entre elles.

On ne doit charger à la fois, dans un four, que le nombre de doublons qui peuvent être étirés sans rajouter de combustible, et c'est là surtout ce qui nécessite l'emploi de deux fours par laminoir. On chauffe vivement, presque jusqu'au blanc, puis on porte successivement les doublons au laminoir finisseur. Là, ils sont passés et repassés plusieurs fois en engageant toujours le pli le premier, et lorsqu'ils sont étirés autant que le comporte la chaude, ils prennent le nom de *semelle*.

Les semelles sont reportées au four; mais, à partir de cet instant, on ne chauffe plus qu'au rouge-cerise clair, ou tout au plus au blanc naissant, afin d'éviter de souder les feuilles. On les reporte ensuite au laminoir, soit seules, soit réunies en *trousses* de deux ou trois semelles, selon la nature du fer et les dimensions des feuilles que l'on veut fabriquer. Plus le fer est mou et déjà aminci, plus on peut réunir de semelles en une même trousse.

Avant d'engager les trousses entre les cylindres, il faut les frapper avec force contre une plaque, afin d'en détacher la couche d'oxide, ce à quoi on ne réussit jamais complètement, parce qu'elle adhère très fortement dans certaines parties.

Avant de donner une nouvelle chaude, on change l'ordre des feuilles, en mettant en dehors celles qui occupaient le milieu des trousses, pour rendre le laminage plus égal et empêcher l'adhérence des feuilles.

Pour terminer les tôles minces, on les réunit en une seule trousse de dix à vingt feuilles, selon l'épaisseur, et selon la force de la machine comprimante.

Ordinairement les tôles les plus minces se terminent en cinq ou six chaudes; on doit éviter d'excéder ce nombre, parce qu'il en résulterait des déchets trop considérables.

Cette méthode de travail suppose que chaque languette a les dimensions nécessaires en largeur et épaisseur, pour donner deux feuilles, ce que l'on regarde, dans un grand nombre d'usines, comme moins avantageux que

d'employer des languettes *simples*, c'est-à-dire ne contenant que la matière d'une seule feuille.

Dans ce dernier cas, on ne fait pas de doublons, et le premier laminage donne immédiatement des *feuilles dégrossies*. Celles-ci, après avoir été trempées dans l'eau d'arbue, sont chauffées au blanc naissant, et passées soit seules, soit en troupes entre les cylindres finisseurs, en suivant d'ailleurs la même marche que précédemment.

Pour les tôles fortes, on ne fait jamais de doublons, et soit dans le laminage préparatoire, soit dans le finissage, les feuilles sont passées une à une, ou tout au plus deux à deux, lorsqu'elles ne sont pas trop épaisses.

Il est avantageux de projeter du poussier de charbon ou de coke sur la sole des fours et sur les feuilles mêmes, pour empêcher l'oxidation. Cette précaution devient indispensable, lorsqu'on est obligé d'alimenter le feu pendant l'étirage.

Le maître lamineur doit s'étudier à régler la pression successive du cylindre supérieur, d'après la nature du fer qu'il travaille. Une trop faible pression augmente la durée de l'opération, le nombre de chaudes et les déchets, mais donne généralement de plus belles tôles; une pression trop forte rend le travail plus rapide, mais il arrive fréquemment que le fer se crique ou se déchire sur les bords, d'où résulte une plus grande quantité de rebuts. Il faut donc pour chaque fer saisir la pression moyenne la plus convenable, ce que l'expérience peut seule apprendre et a bientôt appris à un ouvrier intelligent.

Cisaillage de la tôle. Dès que les feuilles sont refroidies, on les porte à la cisaille pour leur donner les dimensions voulues. Avant de les rogner, on les trace à ces dimensions, au moyen de cadres rectangulaires en bois que l'on applique sur chaque feuille.

Lorsqu'on fabrique des tôles assez minces pour qu'elles puissent être coupées avec une cisaille à longue lame, on peut se dispenser de tracer les feuilles, en adaptant à la cisaille une table à liteaux ou tasseaux mobiles. Ces pièces, que l'on fixe à volonté dans deux sens perpendiculaires entre eux, sont placées selon les dimensions de feuilles que l'on veut obtenir, et en y appuyant les côtés déjà rognés, on est certain que les feuilles sont bien rectangulaires et coupées bien droites, ce dont on n'est pas toujours sûr par l'autre méthode.

Recuit de la tôle. Dans le laminage, le fer s'*écrouit*, c'est-à-dire qu'il prend une certaine dureté et perd de sa malléabilité. L'*écrouissage* est

d'autant plus fort que les feuilles se sont plus refroidies sous les cylindres, et si la tôle était employée à cet état, on ne pourrait souvent la ployer à angle vif sans qu'elle se cassât. Pour obvier à cet inconvénient et rendre au fer sa douceur, on place les feuilles par paquets dans un four particulier, mais semblable aux fours à réchauffer, et on les y fait rougir. C'est cette opération que l'on nomme *recuit*. On laisse ensuite les feuilles se refroidir lentement, et lorsqu'elles ne sont pas bien planes, on profite du moment où elles sont encore rouges pour les dresser avec un maillet de bois, en les plaçant sur une plaque de fonte.

La tôle forte s'écroute beaucoup moins que la tôle mince, et se recuit ordinairement d'elle-même par la seule chaleur qu'elle conserve après le laminage.

Consommations, déchets et rebuts. Selon l'espèce de tôle que l'on fabrique, on consomme de 1,400 à 1,450 kil. de fer pour produire 1,000 kil. de bonnes feuilles.

La consommation en houille de bonne qualité varie de 1,800 à 2,500 kil., et s'élève quelquefois au-delà. Elle dépend beaucoup de la hauteur du pont de chauffe et de celle de la voûte du four, et croît, en général, à mesure que ces dimensions sont plus grandes. Dans ce cas, les déchets par oxidation sont un peu moindres; mais cette faible économie ne compense pas l'augmentation de dépense en combustible.

Selon la manière dont le travail est dirigé, les déchets par oxidation peuvent varier de 6 à 15 pour cent. Ils sont très souvent plus considérables pour les tôles fortes que pour les tôles minces, parce que les premières se laminent isolément, tandis que les autres se chauffent et se passent en trousse.

En fabriquant diverses espèces de tôle, on peut compter sur un déchet moyen de 10 pour cent, si le travail est bien conduit.

Les rognures ou déchets de cisaille s'élèvent jusqu'à 45 pour cent sur les tôles minces, et ne sont ordinairement que de 22 à 25 pour cent sur les tôles fortes. En fabrication moyenne de tôles fortes et minces mélangées, on compte sur 30 pour cent de rognures.

Les rebuts ou feuilles défectueuses ne s'élèvent guère au-delà de 5 à 6 pour cent dans une fabrication bien dirigée.

D'après ces données, on peut donc obtenir pour 100 kil. de fer employé, 65 à 70 kil. de tôle forte bonne à livrer au commerce, ou 50 à 55 kil. de tôle mince.

Produit mensuel des laminoirs. En employant deux laminoirs, l'un à dégrossir les feuilles, l'autre à les finir, on peut produire par mois et en travail continu, 55 à 60 tonnes de petites tôles; le même système de travail appliqué aux tôles fortes peut donner jusqu'à 120 tonnes par mois, si les machines sont assez puissantes.

Qualités et défauts des tôles. La tôle doit avoir une épaisseur uniforme et une surface parfaitement unie. Pour qu'elle soit bonne, il faut qu'on puisse la plier un grand nombre de fois en sens opposés avant qu'elle ne casse. Toutefois, on n'obtient ce résultat, même avec le meilleur fer, qu'autant que les feuilles ont subi le recuit.

Les défauts des tôles sont les bosses, les cavités, les rides ou espèce de plissage à la surface, les gravelures ou aspérités, les pailles ou filaments de fer non soudés à la surface, les gerçures ou fentes, et enfin les doublures qui proviennent du défaut de soudage dans quelques parties de l'épaisseur.

Les feuilles qui ont un ou plusieurs de ces défauts sont vendues comme rebuts, ou sont jetées aux rognures, s'il n'est pas possible d'en faire un échantillon marchand de moindres dimensions.

Dimensions des tôles. Les dimensions des tôles en longueur et largeur sont extrêmement variables, et si nombreuses qu'elles échappent, en quelque sorte, à toute espèce de classement. A cet égard, chaque usine adopte les dimensions usitées dans les diverses fabrications qu'elle alimente.

Les tôles minces sont livrées au commerce en paquets de 25 à 50 kil.

Emploi des rognures. Les rognures rentrent en fabrication, soit pour en faire des barres, soit pour être de nouveau converties en tôle. On les traite par l'un des moyens indiqués précédemment. (Voy. Section VII, *Affinage de la ferraille.*)

SECTION IX.

FABRICATION DES CERCLES ET RUBANS.

Indépendamment des fers de divers échantillons dont on a donné le classement, pages 52, 57 et 120, on a besoin dans les arts de fers plus minces et d'une grande longueur pour cercler les cuves et les tonneaux, pour faire des liens de toute espèce, et pour une foule d'objets de serrurerie.

Sous le rapport de leurs dimensions en largeur et épaisseur, ces fers se divisent en *cercles* ou *fers feuillards*, *mi-rubans* et *rubans*.

Les cercles comprennent les fers de 18 à 48 lignes de largeur sur 1 $\frac{1}{2}$ à 2 lignes d'épaisseur ;

Les mi-rubans, ceux de 13 à 17 lignes de largeur sur 1 à 1 $\frac{1}{2}$ ligne d'épaisseur ;

Enfin les rubans comprennent les fers de 8 à 12 lignes de largeur sur $\frac{3}{4}$ à 1 ligne d'épaisseur.

Ce classement n'est pas absolument le même dans tous les établissements, mais il est assez généralement suivi.

On donne aux cercles et rubans une longueur qui varie de 6 à 10 mètres (18 à 30 pieds).

Ces fers se fabriquent au laminoir ; mais on ne pourrait les obtenir immédiatement d'une trousse en une seule chaude, parce qu'il faudrait un trop grand nombre de passages, et que le métal serait trop refroidi avant d'être parvenu à l'épaisseur voulue. On est donc obligé de prendre du fer en bidons, de le dégrossir sous des laminoirs marchands ou de petit mill, et de l'achever sous des laminoirs particuliers.

On ne doit employer à cette fabrication que des fers forts et mous, parce que le travail s'achevant à une faible température, les autres fers se gerceraient sur les côtés et produiraient des bandes défectueuses. Les fers cassans doivent en être absolument exclus, parce que les cercles et rubans sont employés et travaillés à froid.

La couche d'oxide qui se forme pendant le laminage préparatoire étant assez forte relativement à l'épaisseur des bandes, elle doit être enlevée, lors du finissage, pour que le fer ait réellement l'épaisseur déterminée. Il résulte, en outre, de cette opération que les surfaces sont plus lisses et pour ainsi dire polies, ce que l'on recherche pour un grand nombre d'ouvrages.

Des laminoirs à cercle et à rubans. Ces laminoirs, représentés par les fig. 1 à 3, Pl. 29, sont montés dans des cages en fonte à vis de pressiou, semblables à celles des laminoirs pour le fer en barres.

Les cylindres doivent être durs, parfaitement unis, et coulés en coquilles, comme ceux des laminoirs à tôle. Le mouvement leur est donné par deux pignons, au moyen d'allonges et de manchons. Leur écartement est réglé immédiatement pour chaque épaisseur de fer, au moyen de cales placées

sous les empoises supérieures; et les vis de pression maintiennent cet écartement.

Pour enlever la couche d'oxide provenant du laminage préparatoire, on se sert de plusieurs appareils, parmi lesquels celui qu'on va décrire est le plus commode et atteint le mieux son but.

Voici en quoi il consiste : du côté de l'entrée des cylindres est placée une espèce de boîte en fonte G G, *fig. 1 et 3*, dessinée séparément *fig. 12 et 13*. Cette boîte s'appuie contre les montans de cage, repose sur une barre de support H, *fig. 3*, et elle est solidement calée entre les deux cages. Sa partie antérieure porte, de chaque côté, des coulisses verticales *m, n*, *fig. 12 et 13*, dans lesquelles glisse une plaque de fonte *d d*, *fig. 1 et 3*. Sur cette plaque est fixé, au moyen d'une barre de pression et de boulons, un couteau en fer à biseau aciéré *c c*; et sur le fond de la boîte est calé un autre couteau dont le biseau correspond à celui du couteau supérieur.

La plaque *d d* est suspendue à un levier D E au moyen de deux tringles à chapes A B, et s'élève ou s'abaisse parallèlement à elle-même en suivant les mouvemens du levier. Ce dernier est manœuvré au moyen d'une tringle E F, dans l'anneau de laquelle l'ouvrier place son pied quand il doit opérer la pression.

On soulève le levier pour engager la bande, comme on le voit en *g r*, *fig. 3*, et, dès qu'elle est pincée entre les cylindres, on la comprime entre les deux couteaux, qui raclent ses deux faces sur toute leur longueur, et enlèvent la couche d'oxide.

Cet appareil se nomme *racleiro* ou *raclette*.

Afin de faire travailler les cylindres successivement sur toute la longueur de leur table, et pour guider la barre de fer, on place en avant de la boîte une tige *t t*, mobile dans les coulisses *o o* du lit, *fig. 3 et 21*, et que l'on fixe dans chaque position au moyen d'un écrou.

A la sortie des cylindres est placé un tablier formant garde, afin d'empêcher le fer de s'enrouler autour du cylindre inférieur.

Dimensions des cylindres. Pour faire les cercles, on se sert de cylindres ayant de 0^m65 à 1^m de longueur de table, sur 0^m35 à 0^m40 de diamètre. Pour les mi-rubans et les rubans, la table des cylindres varie de 0^m32 à 0^m50 de longueur, et le diamètre de 0^m32 à 0^m35. Le montage des cylindres et la disposition de la *racleiro* sont les mêmes dans tous les cas. (Voyez la Description.)

Vitesse des cylindres. Lorsque les cylindres ont de 0^m35 à 0^m40 de diamètre, on règle leur vitesse à quarante ou quarante-deux tours au plus par minute; ils peuvent faire, sans inconvénient, jusqu'à quarante-cinq tours, lorsque leur diamètre n'est que de 0^m32. Avec des vitesses plus faibles, les bandes se font moins bien, parce qu'elles se refroidissent trop, et, en outre, il faut employer plus de force. Avec des vitesses plus grandes, le fer s'éraille sur les bords.

Position des laminoirs. Afin d'activer le travail le plus possible, on place les laminoirs à cercles et à rubans derrière ceux qui leur servent de préparateurs, et à une distance de 3 à 4 mètres au plus. Le fer, en sortant des préparateurs, est saisi par le lamineur, qui l'engage de suite entre les cylindres finisseurs, sans attendre qu'il soit sorti des premiers.

Les laminoirs à cercles et rubans doivent, dans tous les cas, démasquer leurs préparateurs, c'est-à-dire être placés un peu sur le côté, afin de ne pas gêner ceux-ci lorsqu'ils travaillent sur fer en barres. Cette disposition n'offre aucun inconvénient, parce que les bandes sont assez flexibles pour changer facilement de direction.

Les préparateurs des laminoirs à cercles sont les laminoirs marchands; ceux des laminoirs à rubans sont les petits laminoirs.

Conduite du travail. Les bidons dont on se sert pour les cercles sont recoupés dans des fers plats de même largeur que les bandes à obtenir. On les fait plus ou moins longs, selon l'épaisseur du fer, et les dimensions des cercles tant en longueur qu'en épaisseur. Pour les mi-rubans, on se sert ordinairement de fer méplat ou d'une épaisseur égale à peu près à la moitié de sa largeur. Les rubans se fabriquent avec des bidons carrés, mais on y emploie aussi des fers méplats pour accélérer l'opération. Ces bidons ont toujours même largeur que les rubans ou mi-rubans à produire.

On chauffe les bidons dans un four à réchauffer ordinaire, et l'on n'en met que depuis le pont de chauffe jusque vers le milieu de la longueur de la sole, afin qu'ils soient moins en prise à l'oxidation.

Le chauffage doit être dirigé comme on l'a indiqué page 114.

Dès qu'ils sont chauffés au blanc, on les enlève un à un, en commençant par ceux qui sont près du pont, refermant la porte chaque fois, et on les lance sur les plaques coursières, qui les conduisent aux laminoirs préparateurs. Là, ils sont passés dans trois ou quatre camelures au plus, et avec la plus grande célérité.

Au sortir de la dernière camelure, l'aide-lamineur saisit le bout de la

bande et le porte de suite au lamineur de cercles ou de rubans; celui-ci l'engage dans ses cylindres sans perdre de temps, et, avec sa tenaille, maintient la bande contre la tige qui lui sert de guide, afin qu'elle ne prenne pas une autre direction et sorte bien droite. L'aide de ce lamineur la reçoit entre les pinces de sa tenaille, et se recule en tendant sur la bande et dans la direction de sa sortie, afin qu'elle ne prenne pas d'inflexion latérale.

Les bandes faites sont portées en arrière sur le sol et s'y refroidissent.

Il faut avoir soin, après chaque passage, de rafraîchir les couteaux avec de l'eau, afin qu'ils se détremperont moins vite. On change de temps en temps la position de la tige directrice, pour faire travailler également toutes les parties des tables et des couteaux.

Déchets et consommations. Dans une opération bien dirigée, et lorsque le chauffage est fait avec les soins convenables, les déchets par oxidation ne doivent pas s'élever à plus de 8 pour cent en moyenne. Dans quelques usines, on n'atteint même pas cette proportion, tandis que, dans d'autres, les déchets moyens s'élèvent jusqu'à 10 ou 12 pour cent. Cet excédant considérable provient presque toujours de ce que l'on charge trop de fer à la fois, ou de ce qu'il est chauffé trop long-temps et sans soins dans la conduite du feu.

La consommation de houille n'excède pas ordinairement 45 à 50 kil. par 100 kil. de fer fini, et, avec d'habiles chauffeurs, elle n'est souvent que de 35 à 40 kil.

Bottelage. Lorsque les bandes sont refroidies, on les plie à la longueur de 2 ou 3 mètres, puis on les rassemble en bottes de 25 kil., y compris le poids des liens, qui se font avec le même fer que celui de chaque paquet. Ces liens sont coupés à la cisaille et pris dans les bandes défectueuses.

SECTION X.

DES FENDERIES.

On a vu précédemment (Sect. II, p. 57, et Sect. III, p. 83) que les petits fers carrés, de 4 lignes et au-dessous, peuvent être préparés soit au martinet, soit avec un laminier à tringles; mais ce ne sont pas les seuls moyens d'obtenir ces petits échantillons, et lorsqu'on n'a pas besoin d'une entière

perfection dans les formes ou dans la qualité du fer, on les fabrique avec bien plus d'économie de temps, de main d'œuvre et de combustible, au moyen de machines que l'on nomme *fenderies* ou *découpoirs*. L'usine ou la partie d'usine dans laquelle ces machines sont employées prend aussi le nom de *fenderie*.

Le travail consiste à chauffer le fer que l'on veut convertir en tringles ou *verges* ; à le réduire à une épaisseur égale à celle des verges que l'on veut obtenir, en le faisant passer une ou plusieurs fois entre des cylindres que l'on nomme *espatards* ; et à le fendre ensuite dans le sens de sa longueur.

DES FOURS.

On ne se sert plus aujourd'hui, pour chauffer le fer destiné à la fente, que de fours dormans ou de fours à réverbère. Les premiers sont toujours alimentés à la houille ; les seconds peuvent l'être à la houille ou au bois, et même avec de menus branchages mis en fagots, ou avec de la tourbe.

Fours dormans. Les fours dormans, employés principalement en Belgique et dans les provinces rhénanes, ont été décrits en parlant de la fabrication de la tôle, et sont représentés par les *fig.* 5 à 8, Pl. 32. Le fer y est placé sur la houille même, et il en résulte généralement une économie sur le combustible et sur les déchets, comparativement aux fours à réverbère. Toutefois, ces derniers, convenablement disposés, produisent des résultats aussi avantageux que les fours dormans.

Fours à réverbère. Les fours à réverbère sont à sole plane rectangulaire, dont les dimensions varient de 2^m à 4^m en longueur, selon la longueur des barres à chauffer, et de 0^m80 à 1^m20 en largeur. On doit les construire de manière qu'ils n'aient qu'un faible tirage, et qu'il ne s'y introduise que la quantité d'air suffisante pour alimenter la combustion. A cet effet, il faut faire l'échappement de la flamme et de la fumée très petit par rapport à la surface de la grille. Par cette disposition, on concentre la chaleur et on l'utilise mieux. Pour pouvoir la graduer selon les besoins du travail, on place un registre à coulisse dans la cheminée, au-dessus de l'orifice par laquelle les produits de la combustion y pénètrent ; ou bien on adapte à la partie supérieure de cette cheminée un registre à bascule, ce qui est beaucoup plus commode pour les ouvriers.

La voûte doit toujours être assez élevée, afin que le four puisse rece-

voir une charge suffisante. On lui donne, au moins, 0^m60 de hauteur sous clé, et au plus 1^m.

Les barres devant être placées dans le sens de la longueur du fourneau, la porte de travail doit être située à l'extrémité de la sole et vis-à-vis de la chauffe. Outre que la voûte s'abaisse toujours du côté de la porte, on donne encore à cette dernière une moindre hauteur, afin que la flamme gêne moins les ouvriers lorsqu'on la lève, et pour que l'air entre dans le four en moindre quantité. Une hauteur de 45 à 50 centimètres est suffisante pour la commodité du service, et la largeur peut varier de 60 à 80 centimètres, selon la largeur de la sole. La porte est équilibrée par un contre-poids pour pouvoir s'élever et s'abaisser avec facilité.

La cheminée se place à côté du four; ou si l'on a deux fours, on la construit dans l'intervalle qui les sépare. Les issues qui y conduisent doivent être très près de la porte de travail et sur la sole même, afin que le four soit bien chauffé dans toute sa longueur, et que le fer soit, en quelque sorte, enveloppé par la flamme. Ces issues sont ordinairement disposées comme dans les fours à tôle, ainsi que l'indiquent les lettres *a* et *a'*, Pl. 26, fig. 6 à 8, c'est-à-dire qu'il y en a une de chaque côté de la porte, et qu'elles se réunissent à la cheminée par des canaux séparés; mais on peut se servir de la disposition plus avantageuse représentée par les fig. 1 à 4, Pl. 30. Dans cette dernière, il y a également deux issues, l'une *a a* pratiquée dans la sole même, et l'autre *b* ménagée dans la voûte. L'issue *a* communique avec la cheminée par un carneau inférieur D, fig. 3 et 4, et l'issue *b* par un conduit FH construit en dessus du four. Ce conduit est muni d'un registre à coulisse dont la chaîne de manœuvre vient se rattacher à celle du contre-poids de la porte, et il est toujours fermé et ouvert en même temps que cette dernière. Le four étant chargé et la porte fermée, la flamme n'a d'autre issue que le passage *a a*, et elle est ainsi obligée d'envelopper totalement le fer; lorsque, au contraire, on ouvre la porte de travail, le passage FH devient libre et la flamme s'y dirige aussitôt. On obtient ainsi un très bon chauffage avec peu de combustible, et la flamme ne peut incommoder les ouvriers. Cette disposition peut être employée soit que l'on chauffe au bois ou à la houille. (Pour les détails de construction de ce four, voyez la Description.)

On construisait autrefois, et l'on voit encore dans quelques usines, des fours à réverbère alimentés au bois, appelés *taqueries*, et qui étaient mu-

nis de deux chaufes, mais ce système dispendieux pour le combustible est généralement abandonné.

La sole des fours à réverbère est garnie de chenets en fonte ou en briques, de 8 centimètres de hauteur, sur lesquels on pose les barres de fer; elle est séparée de la chauffe par un petit pont ou autel de 15 à 20 centimètres de hauteur au plus. Une plus grande élévation empêcherait la flamme de passer entre les chenets, et les barres inférieures ne seraient pas suffisamment chauffées.

Position et dimensions de la grille. Lorsque les fours à réverbère doivent être alimentés à la houille, on règle la hauteur de la grille par rapport à la sole comme on le fait dans les fours à réchauffer, et d'après les mêmes considérations. (Voy. Section III, p. 69 à 72.) Si l'on doit y brûler du bois ou des fagots, il faut la placer à environ 80 centimètres au-dessous du pont de chauffe, afin que l'air se brûle plus complètement avant d'entrer dans le four.

Une surface de grille comprise entre le tiers et le quart de celle de la sole est toujours suffisante en brûlant de la houille. Elle pourrait être beaucoup moindre en employant du bois, s'il était recoupé en petits morceaux; mais, comme on l'emploie ordinairement en petits fagots, que l'on nomme *bourrées* ou *fagotins*, on est obligé de lui donner à peu près les mêmes dimensions que si l'on devait brûler de la houille. En faisant usage de tourbe, il convient de donner à la grille environ les $\frac{1}{10}$ de la surface de la sole.

Section de carneaux et dimensions de cheminée. La section des carneaux ou issues de la flamme se règle selon qu'on veut se passer de registre ou en faire usage.

Dans le premier cas, la section du carneau, ou la somme des sections, s'il y en a plusieurs, ne doit pas excéder $\frac{1}{10}$ de la surface de la grille, ainsi que cela se pratique pour les fours de tôlerie dans les mêmes circonstances. Si toutefois les carneaux sont longs, on peut régler leur section à $\frac{1}{8}$. Cette disposition a l'inconvénient de n'offrir aucun moyen pour activer le tirage au besoin, et il est préférable de donner aux carneaux une section comprise entre $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{6}$ de celle de la grille, sauf à se servir d'un registre que l'on ferme en partie dans la marche ordinaire.

En faisant usage du système de four représenté par la Pl. 50, il faut donner à l'issue pratiquée dans la voûte une section un peu plus grande que

celle de l'issue de la sole, afin que la flamme y soit fortement attirée dès qu'on lève la porte.

La section de cheminée peut être réglée au quart ou au cinquième de celle de la grille. Si la même cheminée sert à deux fours, il faut la partager par une languette qui peut ne pas régner dans toute la hauteur, mais qui doit toujours excéder d'au moins 2 mètres le point où la fumée pénètre dans le tuyau.

Il n'est jamais nécessaire de donner à la cheminée une élévation de plus de 9 à 10 mètres.

Position des fours. Quels que soient les fours employés, ils doivent être placés à environ 5 mètres des équipages ou machines de fenderie, et leur porte de travail doit être tournée du côté de ces machines, afin que le transport du fer, au sortir des fours, n'éprouve ni lenteur ni difficulté.

Nombre et capacité des fours. Il est avantageux d'avoir deux fours pour un même équipage de fenderie, parce que chacun recevant alors une moindre quantité de fer, le chauffage est plus rapide; et, outre que le travail s'en trouve accéléré, il y a aussi de moindres déchets.

On construisait autrefois des fours pouvant contenir jusqu'à 5,000 kil. de fer, et alors on n'en employait qu'un. On préfère aujourd'hui régler leur capacité pour 1,000 à 1,500 kil., et se servir de deux fours, qui sont tous deux en feu et servent alternativement.

DES MACHINES.

Espatards. Les espatards sont des cylindres unis qui servent à préparer le fer au sortir des fours, c'est-à-dire à le laminier pour le réduire à l'épaisseur voulue. Ils sont montés comme les laminoirs à tôle ou à rubans, sauf qu'ils n'ont ni chevalets, ni boîte d'entrée.

On leur donne ordinairement 35 à 40 centimètres de diamètre, et autant de table.

Dans les forges à l'anglaise, ils sont souvent remplacés par les laminoirs cannelés à fer plat.

L'espatard ou les laminoirs qui en tiennent lieu sont placés devant la fenderie, dans la même ligne ou à peu près, et à une distance de 3 à 4^m au plus, afin que les barres, après avoir été aplaties, puissent être présentées immédiatement aux découpoirs.

La vitesse de rotation des espatards est ordinairement la même que celle des découpoirs, afin qu'il y ait concordance dans le temps de leur travail.

Fenderies ou découpoirs. Ces machines se composent de deux systèmes de *taillans* ou couteaux circulaires, faits en acier ou en fer aciéré, comme l'indiquent les lettres *t*, *t*, *fig. 3* et *4*, Pl. 31. Chaque système est monté sur un arbre en fer qui traverse les taillans.

Entre ces pièces sont placés des disques *e*, *e* de même épaisseur, mais d'un plus petit diamètre, qui les maintiennent à une distance égale à la largeur des verges que l'on veut fabriquer. Ces disques sont désignés sous le nom de *fausses rondelles*, de *rondelles*, ou d'*entre-deux*, et forment, par leur ensemble avec les taillans, ce que l'on nomme une *trousse*. Chaque *trousse* est appuyée contre une rondelle d'épaulement *R*, faisant corps avec son arbre; elle est recouverte du côté opposé par une *rondelle mobile* ou *garde R'*; et le tout est assemblé par quatre houlons, qui rendent ce système invariable.

Les trouses sont disposées l'une au-dessus de l'autre, de manière que les taillans de l'une correspondent aux *entre-deux* de l'autre, et remplissent parfaitement les intervalles formés par ces pièces. Les taillans doivent se pénétrer ou se croiser de 1 centimètre à 1 $\frac{1}{2}$ centimètre au plus; en les engageant davantage, on augmente l'angle qu'ils forment à leur jonction, et le fer est saisi moins facilement.

On voit aisément, par les *fig. 3* et *5*, que le fer, en passant entre les trouses, est coupé en autant de parties qu'il y a d'*entre-deux*.

Pour empêcher les verges de s'enrouler autour des découpoirs, on place entre les taillans des lames droites *f, f*, *fig. 5*, 6 et 16; ces lames, que l'on nomme *vergettes* ou *fourchettes*, ont, en outre, pour but de faire sortir les verges en ligne droite et de les rassembler en faisceau. Les *vergettes* sont portées par des pièces *SS*, *S'S'*, que l'on nomme *seignes* ou *porte-vergettes*.

Les diverses parties de la machine sont assemblées solidement dans des cages à colonnes en fer; quatre écrous de pression, s'adaptant à l'extrémité des colonnes, maintiennent et consolident ce système, dont tous les détails sont indiqués par la description de la Pl. 31.

Afin que le fer soit exactement dirigé sur les taillans et soit fendu avec le moins de perte possible, on place, du côté de l'entrée, des guides *g, g*, *fig. 3* à 6, 14 et 15, qui ont entre eux un écartement plus grand de 4 à 5 milli-

mètres seulement que l'épaisseur des trousses. Ces guides sont adaptés aux *tirants J, J*, qui séparent et maintiennent les porte-vergètes. Cette disposition peut d'ailleurs varier selon le système de construction de la machine.

On nomme *équipement* l'ensemble des pièces qui composent une fenderie ou un espatard.

Les taillans sont le plus ordinairement en fer, acierés à la circonférence ou trempés en paquet; ils doivent être bien plans, d'égale épaisseur, et, autant que possible, tournés sur leur pourtour, pour être égaux de diamètre et avoir des arêtes plus vives. On les chauffe au rouge-cerise pour les tremper, et on les recuit jusqu'au bleu léger.

Les vergètes peuvent être simplement en fer fort; mais il est préférable d'acierer les côtés, qui reçoivent le frottement des verges.

Les trousses ne sont pas toujours serrées entièrement par des boulons, ou même quelquefois on supprime ces boulons, pour laisser un certain jeu au taillans. Cette disposition se rencontre fréquemment dans les anciennes fenderies, et notamment dans celles de la Bretagne et de la Normandie. Dans ce cas, les tirants, maintenus par des vis ou des coins de pression, serrent légèrement le haut de la trousse inférieure pour rapprocher convenablement les taillans au point de passage du fer, après quoi ces derniers prennent plus d'écartement et laissent dégager le fer avec plus de facilité. C'est ce que l'on nomme travail à *taillans battans* ou *libres*. Il a l'inconvénient de donner plus de bavures, et moins de régularité aux verges, et, par ces motifs, n'est plus pratiqué, pour ainsi dire, que par suite de l'habitude routinière des ouvriers.

Dimensions et nombre des taillans. Le diamètre des taillans inférieurs et supérieurs est le même; il peut varier de 27 à 40 centimètres; mais il ne change jamais dans la même machine. Il est avantageux d'employer de grandes dimensions, parce que le travail marche avec plus de célérité; seulement les taillans sont plus difficiles à confectionner et exigent plus de force motrice.

Les entre-deux ont un diamètre moindre de 12 à 15 centimètres que celui des taillans.

L'épaisseur des taillans et entre-deux d'une paire de trousses est la même, et égale à la largeur du fer fendu que l'on veut obtenir.

Le nombre de taillans d'un équipement est toujours impair, et il doit en être ainsi pour que les verges extérieures soient coupées aux mêmes dimen-

sions que les autres. C'est ce que l'on comprendra facilement à la seule inspection de la *fig. 3*, Pl. 51. On les dispose en nombre pair, tantôt sur l'arbre supérieur, tantôt sur l'arbre inférieur.

Le nombre de taillans dont se composent les trousse dépend des dimensions des verges à fabriquer; il est d'autant plus grand que ces fers doivent avoir moins de largeur.

Voici les nombres de taillans et entre-deux employés pour les verges de différentes dimensions :

Largeur des verges.		Nombre de taillans.	Nombre d'entre-deux.	Nombre de verges.
2 lignes et $\frac{1}{2}$	Trousse	supérieure.....6.....	5.....	11.
3 et 4 lignes.....		inférieure.....7.....	6.....	
5 ou 6 lignes.....	Trousse	supérieure.....5.....	4.....	9
		inférieure.....6.....	5.....	
6 ou 7 lignes.....	Trousse	supérieure.....4.....	3.....	7
		inférieure.....5.....	4.....	
9 ou 10 lignes.....	Trousse	supérieure.....3.....	2.....	5
		inférieure.....4.....	3.....	
12 lignes.....	Trousse	supérieure.....2.....	1.....	3
		inférieure.....3.....	2.....	

Vitesse des taillans. Dans les usines où l'on travaille à taillans battans, le nombre de tours des découpoirs varie de 35 à 50 par minute, selon l'épaisseur et la qualité du fer à fendre, la plus grande vitesse correspondant à l'échantillon le plus mince. Dans celles où l'on travaille à trousse serrées, la vitesse des taillans est plus grande, et ne varie guère que de 50 à 70 par minute. Cette dernière vitesse est un peu trop forte, et il en résulte souvent des engorgemens de fer; il est préférable de ne pas excéder soixante-cinq à soixante-six tours pour les plus petits échantillons.

Communication de mouvement. Le mouvement est donné aux taillans en sens inverse, au moyen de deux pignons disposés comme pour les laminoirs, et reliés, avec les trèfles T, T des arbres, par des allonges et des manchons.

TRAVAIL DE FENDERIE OU FABRICATION DES VERGES.

Choix et dimensions du fer. A l'exception du fer rouverin ou brisant à chaud, toutes les qualités de fer sont propres à la fente. On les choisit selon que l'on veut fabriquer des verges *douces*, *métis* ou *cassantes*. Pour la verge douce, on se sert des fers les plus doux, les plus liants, et qui peuvent se plier plusieurs fois en sens contraire sans se rompre; pour la verge *métis*, on emploie les fers de moyenne qualité; et enfin pour la verge *cas-*

sante, on fait usage de fers durs, et de fers cassants à froid désignés dans beaucoup d'usines sous le nom de fers *chanins*.

Les fers sont préparés, soit au marteau, soit au laminoir, en bandes de largeur convenable et de 8 à 9 lignes d'épaisseur. Leur largeur se règle d'après la largeur et le nombre de verges que peuvent donner les diverses compositions de trouses. Ainsi, pour 3 lignes, les taillans donnant 11 verges, le fer devra avoir 33 lignes; pour 6 lignes, les taillans donnant 7 verges, la largeur du fer devra être de 42 lignes, et ainsi de suite.

On recoupe les bandes en bidons de 0^m80 à 2^m de longueur, selon la longueur et l'épaisseur des verges à produire.

Chargement et chauffage des fours. Les fours à réverbère doivent être chauffés au blanc avant d'y introduire le fer. Le temps nécessaire pour cette préparation varie de deux à quatre heures, selon la nature du combustible, la capacité et le tirage des fours. Quand on se sert de fours dormans, on ne place le fer dans le foyer qu'après que la houille est embrasée.

Selon la grandeur des appareils à réverbère, on charge à la fois de 600 à 1,500 kil. de fer en bidons. On dispose les premières bandes sur les chenets de la sole, et on empile les autres les unes sur les autres, de manière que la flamme puisse circuler librement entre elles, et qu'elles soient chauffées également dans toutes leurs parties.

Dans les fours dormans, on ne charge à la fois que la quantité de barres qu'on peut chauffer sans ajouter de nouveau combustible. La grille doit être bien couverte de houille dans toute son étendue, pour qu'il n'échappe que le moins d'air possible à la combustion, et que le fer soit moins oxydé.

Dès que la charge est faite dans les fours à réverbère, on abaisse la porte de travail, on charge la grille de houille ou de bois, et l'on ferme avec soin la porte ou le tizard de la chauffe. Le chauffeur ouvre alors le registre de la cheminée, afin d'élever la température le plus rapidement possible. Aussitôt qu'il s'aperçoit que le feu baisse, il introduit de nouveau combustible sur la grille avec la plus grande célérité, afin d'éviter qu'il s'introduise trop d'air dans le four par-dessus la chauffe.

Lorsque le fer est parvenu à la chaleur blanche ou presque au blanc soudant, il est prêt à être travaillé; et alors on ferme le registre ainsi que le cendrier, de manière à conserver la chaleur, et à ne laisser qu'une faible issue aux produits de la combustion.

On emploie ordinairement une heure et demie à deux heures pour chauffer, au point nécessaire, une charge de 1,000 à 1,500 kil.

Espatage et fendage. Dès que le fer est parvenu à la température nécessaire, le chauffeur tire les barres une à une, et en refermant chaque fois la porte ; le lamineur d'espatare les reçoit, les passe entre les cylindres une ou plusieurs fois, selon l'épaisseur du fer et la force du moteur ; le feudeur les saisit après le dernier passage, et les introduit entre les tail-lans. L'aide-feudeur reçoit les verges sur un crochets, ou les prend avec une tenaille disposée de manière à les rassembler, et les porte en arrière sur le sol, où elles se refroidissent.

Le travail se succède sans interruption et avec le plus de promptitude possible, jusqu'à ce que le four soit vidé. Toutes les barres étant étirées et fendues, on recharge immédiatement le four, et l'opération recommence de la même manière.

Lorsqu'on se sert de deux fours, on les charge à intervalle tel, que le fer du second soit prêt lorsque la charge du premier est employée.

Le feudeur doit avoir soin de diriger un filet d'eau sur ses tail-lans pour les rafraîchir et les empêcher de se détremper.

Il faut vingt-cinq à trente minutes pour fendre 1,500 kil. de fer, ou environ une heure pour tailler les charges de deux fours. Les feudeurs ont donc de demi-heure à une heure de repos, et, pendant ce temps, ils s'occupent à examiner et à trier les verges.

Bottelage. Le triage terminé, les verges sont réunies en bottes de 25 ou 50 kil., y compris les liens. On place au milieu des bottes les bouts de verges cassées, et on les serre par trois liens de même fer, que l'on fait rouler pour qu'ils s'appliquent parfaitement.

Rebattage. Les verges ayant toujours des bavures plus ou moins fortes, on les rebat quelquefois au martinet pour faire disparaître ces aspérités. Ce travail, qui exige un léger réchauffage, ne se fait que dans quelques cas particuliers, comme lorsqu'on veut donner plus de nerf au fer qui est susceptible d'en prendre par le martelage, et qui est destiné soit aux travaux de tréfilerie, soit à certains genres de clouterie, soit enfin à d'autres usages qui exigent des qualités analogues. Les verges destinées à la clouterie ordinaire ne sont pas, en général, soumises à cette opération, parce que, dans le plus grand nombre de cas, les clous ont besoin de plus de raideur que de flexibilité.

Consommations et déchets. On manque de données certaines sur la con-

soinmation du combustible dans le travail de fenderie, surtout en ce qui concerne le bois, à cause des divers modes d'évaluation dont on se sert, et dans lesquels on ne fait pas entrer le poids.

Voici cependant des données positives qui se rapportent aux fours représentés Pl. 50, et qui ont été recueillies aux forges d'Aron (Mayenne), où ces appareils sont employés.

Le chauffage se fait avec des bourrées ou petits fagots de branchages impropres à la carbonisation. Le poids moyen de chaque bourrée est de 4 kil., et l'on en brûle quarante-quatre à quarante-six, dans l'espace de deux heures, pour chauffer et fendre 1,300 kil. de fer; c'est donc 184 kil. de bois pour cette quantité de fer, ou environ 15 pour cent du fer introduit dans le four. Avec l'ancien four, on brûlait au moins un tiers de bois en sus. Le chauffage préparatoire du four exige de trois et demie à quatre heures, pendant lesquelles on consomme soixante-cinq à soixante-dix bourrées.

Dans les fours à réverbère alimentés à la houille, la consommation paraît s'élever à 20 ou 25 pour cent; mais il est probable qu'elle serait bien moindre dans un appareil convenablement établi.

Les déchets en réverbère varient de 3 à 4 pour cent; et dans les fours dormans dont la grille est couverte avec soin, ils excèdent rarement 2 à 2 $\frac{1}{2}$. Dans les fours actuels de l'usine d'Aron, ils ne dépassent pas 5 pour cent; avec l'ancien four, ils s'élevaient souvent jusqu'à 5, et leur moyenne était de 4 environ.

Produits d'une fenderie. En travail continu de jour et de nuit, la fenderie d'Aron, pourvue d'un seul espartard, produit par semaine quarante tonnes de verges de 2 $\frac{1}{4}$ à 5 lignes. Les fenderies qui travaillent en verges de 4 à 6 lignes peuvent produire de soixante à soixante-cinq tonnes dans le même temps, si les opérations sont bien conduites.

Nombre d'ouvriers nécessaires. Pour le service d'une fenderie à double équipage, c'est-à-dire composée d'un découpoir et d'un espartard, en la supposant desservie par deux fours, il faut deux *chauffeurs*, un lamineur d'espartard ou *espateur* et son aide, un *fendeur* et son aide. Quelquefois on supprime un des chauffeurs, et l'on réduit ainsi le nombre d'ouvriers à cinq. Ces ouvriers se relèvent par tournées de douze heures.

SECTION XI.

DES ÉTATS ET NOTES DE ROULEMENT A TENIR DANS LES FORGES.

La multiplicité des opérations et des mouvemens de matière qui a lieu, même dans la plus petite forge, exige que l'on tienne avec le plus grand soin des écritures qui conservent avec détails la trace de tout ce qui se fait. Évaluer en masse les résultats d'un travail quelconque, est la méthode la plus vicieuse, parce qu'on n'a alors aucun moyen de contrôle, et qu'on ne peut savoir, par conséquent, dans quelle partie il est possible ou nécessaire d'apporter des améliorations.

Les notes à tenir se résument en *états de roulement* et en *journal de roulement*. Il faut, en outre, des *carnets de fabrication*, dans lesquels les employés, chargés de la surveillance des divers travaux de l'usine, inscrivent les opérations de chaque jour. Ces carnets fournissent ainsi tous les élémens de la comptabilité industrielle. Ils doivent être tenus dans le même ordre que les états de roulement, et avoir une disposition semblable, afin que le dépouillement puisse s'en faire avec plus de facilité.

États de roulement. Dans toute usine, on doit avoir un état journalier et un état mensuel pour chaque espèce de fabrication. L'état journalier n'est que le relevé des carnets de fabrication ; il ne renferme que les résultats numériques du travail de chaque jour sans déduction d'aucunes conséquences. L'état mensuel est le résumé de l'état journalier, et doit renfermer, en outre, toutes les indications qu'il est utile d'avoir sur la fabrication, tels que les rapports de consommations, produits et déchets, les quantités et proportions de matières employées, etc.

La disposition des états mensuels fixe nécessairement celle des états journaliers, et, par conséquent, il suffit de donner ici quelques exemples des premiers, tant pour les anciennes usines que pour les forges à l'anglaise.

Pour fixer les idées, on supposera qu'il s'agisse d'abord d'une forge à l'allemande avec martinets et addition de laminiers, afin de comprendre la fabrication la plus étendue qui se fait habituellement dans ces usines : savoir, des barres dégrossies au marteau pour le travail des martinets et des laminiers, des fers marchands ou de grosse forge, des fers martinés, et les divers produits des laminiers, tels que tôle, fers noirs, fers de coutellerie, etc., ainsi que l'indiquent les états suivans.

(N° 1.)

ROULEMENT

MOIS.	NUMÉROS DES FOURS.	CONSUMMATIONS.													
		MARCHES ET RÉSERVOIR.	SUIF OU GRAISSE.	CHARBON.	FONTE						REBUTS ou BOGNETURES.	MATIÈRES			
					Cours par feu.	Poids à 124 kil. l'an.	DOUCE.		CASSANTE.			BOCCAGES.		AFFINÉES.	
							Par feu.	Total.	Par feu.	Total.		Par feu.	Total.	Par feu.	Total.
	1	"	kil. centimes.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
	2	"	184	22,816	5,120		15,295					3,982		24,397	
Janv.	2	"	178	22,072	2,749	30,589	15,650	30,945	2,450	2,450	2,433	6,415	23,282	70,309	
	3	"	169	21,018	22,720								22,720		

A ce tableau, on doit ajouter une colonne d'observations indiquant brièvement la durée et la cause des arrêts, main-d'œuvre et frais divers; comme on l'a indiqué au tableau de la page 156, 1^{re} Partie, sect. IX, en comprenant,

Le seul examen de ce tableau fait ressortir immédiatement son utilité, soit pour comparer entre eux les consommations, produits et déchets des divers feux, soit pour juger des mélanges de matières les plus avantageux.

(N° 2.)

ROULEMENT

MOIS.	SUIF.	CONSUMMATIONS.						PRO			
		CHARBON.		FER EN BARREAUX.				VERGE.		MARTINET ROND.	
		Cours par feu.	Poids à 124 kil. l'an.	Doux.	Métis.	Cassant.	Total.	De tirerie.	Crénelée.	Doux.	Métis.
Janvier.	3	111	13,764	14,033	164	"	14,197	"	420	10,619	"

DE LA FORGE.

(Année 1837.)

PRODUITS.										DÉCHET.			MISE AU 1,000.		DURÉE DES FEUX.	PRODUIT MOYEN EN 24 HEURES.
BARREAUX OU FER A MARTINER.		FER A LAMINER.		FER MARCHAND.			TOTAL									
Doux.	Méts.	Méts.	Cassant.	Doux.	Méts.	Cassant.	Par feu.	Général.	Par feu.	Total.	Pour 100.	En fer.	En charbon.			
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	jours.	kil.	
"	"	9,393	5,175	"	3,227	"	17,795	"	6,602	"	27,06	1,371	1,282	22 $\frac{1}{2}$	785	
"	"	4,568	7,814	"	1,871	2,706	16,959	50,961	6,323	19,438	27,16	1,373	1,300	Id.	784	
15,327	"	"	"	880	"	"	16,207	"	6,513	"	28,66	1,401	1,360	Id.	713	

les accidents survenus soit aux feux soit aux machines. On peut le compléter en y joignant les dépenses de dans les frais divers, les dépenses d'entretien des feux et machines, ou en les donnant séparément.

sous ces mêmes rapports, soit enfin pour connaître avec facilité, en ensemble et en détail, les quantités de chaque espèce de produit.

DES MARTINETS.

(Année 1837.)

PRODUITS.					DÉCHET.		MISE AU 1,000.		DURÉE		PRODUIT MOYEN par 24 HEURES	
MARTINET PLAT ET CARRÉ.			REBUTS.	TOTAL.					du TRAVAIL.			
Doux.	Méts.	Cassant.				En poids.	Pour 100.	En fer.	En charbon.			
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.	jours.		kil.	
2,640	205	"	10	13,894	303	2,16	1,022	961	24 $\frac{1}{2}$		567	

(N° 3.)

ROULEMENT DES LAMI

MOIS.	CONSOMMATIONS.													
	MOULAGES USÉS.						MATIÈRES GRASSES.		MOULÉ.	FER A LAMINER.				
	Meurtr.	Fours.	Cylindres.	Cages.	Alliages et manchons.	Total.	Suif.	Huile.		Doux.	Méris.	Cassant.	Verge pour l'ess.	Total.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Janvier.	"	125	"	584	85	794	108	30	47,650	"	13,967	10,354	214	24,535

A la fin de chaque mois, tous ces états doivent être arrêtés et terminés par une récapitulation présentant les résultats du roulement.

Dans les forges à l'anglaise, on doit suivre la même marche; mais, eu égard aux masses, ordinairement très considérables, des diverses fabrications, il faut établir des états pour chaque industrie et partie d'industrie

(N° 4.)

ROULEMENT

CONSOMMATIONS.													
MOIS.	NUMÉROS DES FEUX.		TUYÈRES DÉTRES.	FONTES.								COKE.	
				VIEUX MOULAGES.		Boisages.	Au coke.	AU BOIS.		TOTAL.			
				Achetés.	Cassés.			Blanche.	Grise.	Par feu.	Général.		
Janv.	1	5	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
	2	6	20,095	3,276	19,505	50,576	175,635	100,910	388,196	826,190	114,786	262,390	
											</		

NOIRS (UN ÉBAUCHEUR ET UN FINISSEUR).

(Année 1837.)

PRODUITS.							ROGNURES POUR 100.	DÉCHET.		MISE AU 1,000.		DURÉE DU TRAVAIL, PRODUIT MOYEN PAR 24 HEURES.
Tota.	Fer noir.	Fer à fiches.	Fer d'écrites et couteillerie	Fer plat.	Rognures.	Total.		En poids.	Pour 100.	En fer.	En bouille.	
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		kil.	kil.	jours.
17,694	154	2,669	593	318	3,003	24,431	14	104	0,5	1,145	450	16 $\frac{1}{2}$
												1,319

particulière, puis ensuite former des tableaux récapitulatifs, s'il est nécessaire, pour représenter l'ensemble des résultats de chacune d'elles, soit en matières, soit en dépenses. Les exemples suivans feront aisément concevoir comment on doit procéder pour avoir une comptabilité complète, bien que l'on ne donne ici qu'une partie des états nécessaires.

DES FINERIES.

(Année 1837.)

PRODUIT en FIN MÉTAL.		DÉCHET.			COKE par tonne de fin métal.	DÉPENSES EN MAIN-D'ŒUVRE ET FRAIS DIVERS.				DÉPENSES PAR TONNE de FIN MÉTAL.	
Par feu.	Total.	Par feu.	Total.	Pour 100.		Main- d'œuvre.	Frais divers.	TOTAL.		Main- d'œuvre.	Frais divers.
kil.	kil.	kil.	kil.		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
335,295	707,372	52,901	118,818	13,62	340	973 30	345 35	1,318 65	2,668 60	2 90	1 03
372,077		65,917		15,05	337	989 05	360 90	1,349 95		2 90	0 97

Dans la main-d'œuvre sont comptés le cassage de la fonte, le pesage et le port aux feux, ainsi que le salaire des affineurs. Dans les frais divers sont compris le décrassage des feux, l'usé réel en moulages et l'entretien des feux en tuyères, outils et ustensiles divers.

(N° 5.)

ROULEMENT

MOIS.	CONSUMMATIONS.							PRODUIT EN FER PUDDLÉ.					ROUILLE PAR TONNE DE FER.
	Fonte.	Fin métal.	Pièces.	Ribbons.	Couverts.	Total.	ROUILLE	A.	B.	C.	D.	Total.	
Janvier.	kil. 160,75	kil. 362,250	kil. 33,318	kil. 14,929	kil. 5,445	kil. 432,917	kil. 457,150	kil. 15,660	kil. 323,598	kil. 30,541	kil. 12,365	kil. 381,973	kil. 1,194

Les pièces sont des fers provenant de loupes qui n'ont reçu que quelques coups de marteau dans les opérations précédentes, et que l'on fait réchauffer.

Le fer puddlé désigné par A }
 B } provient { du puddlage de la fonte.
 C } { du puddlage du fin métal.
 D } { du réchauffage des pièces.
 { des riblons et ferrailles.

Le produit en fer puddlé sert à régler le compte des puddleurs.

Le produit en fer martelé et dégrossi sert à régler le compte des marteleurs.

Le compte des lamineurs aux cylindres dégrossisseurs s'établit en retranchant de la totalité des fers puddlés le fer martelé et non dégrossi.

Les déchets pour les fers A, B, C, D, sont ceux de chaque espèce de travail

Assez ordinairement on n'établit pas de distinction entre les feux ; mais cependant cette méthode est préférable, surtout si les feux ne sont pas montés de la même manière, parce qu'on peut tirer un utile parti de la comparaison de leurs résultats.

DU PUDDLAGE.

(Année 1837.)

GOUVERNS PAR TONNE DE FER.		DÉCHET.										FER MARTELÉ ET DÉGROSSI.						FER MARTELÉ NON DÉGROSSI OU PIÈCES.
		A.		B.		C.		D.		MOYEN.		A.	B.	C.	D.	Total.		
		En poids.	Pour 100.	En poids.	Pour 100.	En poids.	Pour 100.	En poids.	Pour 100.	En poids.	Pour 100.							
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	
14,25	1,506	8,87	38,752	10,70	2,877	8,64	2,564	10,47	50,944	11,76	3,124	85,377	24,987	114	113,602	31,817		

dans les fours ; le déchet moyen est celui qui résulte de la consommation totale des matières, y compris les gouvers.

L'état journalier doit établir les produits et déchets de chaque four pour régler le compte de chaque ouvrier.

Pour le travail des laminoirs, il faut autant d'états qu'il y a de fabrications distinctes. Ainsi, on doit en établir pour laminoirs marchands, pour le petit mill, pour la fenderie, pour les fabrications de rubans et cercles, pour la tôlerie, etc. Les modèles précédents indiquent suffisamment comment ces états doivent être disposés.

Pour avoir le résultat général du travail des laminoirs, il faut ensuite former un tableau récapitulatif de toutes les opérations particulières, avec les déductions qui sont nécessaires pour en apprécier l'ensemble. Dans ce tableau, on divise les consommations et les produits selon le classement que l'on a adopté pour la vente, ainsi qu'il suit :

(N° 6.)

ROULEMENT GÉNÉRAL

MOIS.	CONSOMMATIONS.							
	Grosse forge.	Petite forge.	Petits fers.	Verge.	Cercles et rubans.	Tôle.	Total.	Combustible.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Janvier.	220,775	82,840	19,086	8,236	24,925	36,370	392,142	295,100

Les petits fers sont ceux que l'on fabrique aux laminoirs à tringles ou gid-rolls.

La consommation de combustible est une des choses les plus importantes à surveiller, et il est indispensable d'en faire la comparaison mois par mois, afin de prévenir les dilapidations dont cette matière est presque toujours

(N° 7.)

CONSOMMATION

MOIS.	FINERIES.	FOURS		TOLERIE.		GRANDE A YA
	—	A PUDDLER.	A RÉCHAUFFER.	Chapelé.	Grêle.	Grêle.
	Coke.	Chapelé.	Chapelé.			
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Janvier. . .	262,390	457,150	243,220	44,750	7,130	1,070

Nota. A la fin de l'année, on forme un état récapitulatif par espèce de combustible.

La série des états doit être terminée par celui des dépenses de toute nature relatives à la fabrication, afin de pouvoir facilement comparer,

DES LAMINOIRS.

(Année 1837.)

PRODUITS.							NOUVEAU PAR TONNE DE FER.	DÉCHETS.	
								RÉSULTS ET RIBLONS.	
Grosse forge.	Petite forge.	Petits fers.	Verge.	Cercles et rubans.	Tôle.	Total.		En poids.	Moyenne pour 100.
kil. 191,848	kil. 67,817	kil. 15,025	kil. 6,857	kil. 17,670	kil. 27,466	kil. 326,683	kil. 903	kil. 65,459	kil. 16,70

L'objet, soit dans la fabrication, soit pour les usages divers. L'état de consommation doit indiquer les diverses qualités de combustible et leur répartition. Les qualités se divisent en *pérat*, *chapelé*, *grêle* et *menu*, ou de toute autre manière, selon les dénominations adoptées dans les exploitations qui alimentent l'usine.

DE COMBUSTIBLES.

(Année 1837.)

MACHINE PEUR.	PETITE MACHINE A VAPEUR.		FORGE de RÉPARATIONS.	GRILLAGE DU QUARTZ.		CHAUFFAGE de L'USINE.
Mess.	Grêle.	Menu.	Mess.	Chapelé.	Grêle.	Grêle.
kil. 240,260	kil. "	kil. 211,290	kil. 6,450	kil. 2,610	kil. 7,716	kil. 32,170

chaque mois, la dépense totale à la masse des produits. Il faut y ajouter, en outre, les frais généraux et intérêts de capitaux.

(N° 8.)

DÉPENSES GÉNÉRALES

MOIS.	FINAGE.	PUDDLAGE.	MARTELAGE.	LAMINAGE.	TOLFRIE.	PESAGE.	MACHINES.
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Janvier, ...	2,668 60	3,191 87	1,203 40	2,691 49	809 11	1,458 08	764 =

Non seulement ce système d'états s'adapte aisément à tous les genres de fabrication, mais encore il peut être employé pour indiquer les mouvements de matières de toute espèce, les expéditions ou livraisons de marchandises avec leur répartition et leurs prix appliqués à chaque partie prenante. Une série de tableaux connexes et embrassant toutes les opérations industrielles et commerciales d'une usine forme la comptabilité la plus claire, la plus simple et la plus facilement comparable dans toutes ses parties. Pour en compléter les résultats, il faut, à la fin de chaque année, récapituler en un dernier tableau, tous les nombres qui servent à établir le décompte final de l'usine, en y ajoutant les dépenses de toute nature et les frais généraux. On résume ainsi en quelques lignes la situation d'un établissement, et si l'on fait ce travail important chaque mois ou chaque trimestre, on a le précieux avantage de suivre de point en point la marche des opérations, et d'être averti des rectifications qu'il peut y avoir à faire.

Journal de roulement. Le but du journal de roulement dans les forges est le même que celui qui a été indiqué 1^{re} Partie, p. 156. On doit le diviser en autant de chapitres qu'il y a d'opérations ou d'objets différents à embrasser. Il doit relater les observations faites sur l'essence et la qualité des combustibles; l'influence qu'ils exercent sur la qualité des produits; les dispositions et dimensions de foyers les plus avantageuses; les effets résultant de la position et de l'inclinaison des tuyères, ainsi que de la grandeur d'orifice des buses relativement à la pression du vent; les quantités d'air employées, l'influence de sa température et de son état d'humidité; les effets des matières employées ou essayées dans les diverses opérations, sur la qualité des produits, les déchets, la marche et la durée du travail; les tentatives faites pour mieux utiliser le combustible; les observations relatives aux

DE L'USINE.

(Année 1837.)

DÉCRASSAGE.	QUANTZIERE.	ENTRETIEN des FOYERS.	FORGE de RÉPARATIONS.	TOTAL.	FRAIS GÉNÉRAUX ET INTÉRÊTS DE CAPITAL.	TOTAL GÉNÉRAL.
fr. c. 250 87	fr. c. 193 87	fr. c. 266 46	fr. c. 722 62	fr. c. 14,410 37	fr. c. 12,500 =	fr. c. 26,910 37

vitesses les plus avantageuses des divers opérateurs ou machines employés, etc.

Un tel travail a non seulement l'avantage d'initier parfaitement à tous les détails des travaux, mais encore de tenir l'attention constamment éveillée sur les modifications ou améliorations qu'ils peuvent réclamer.

SECTION XII.

MODIFICATIONS DANS LA DISPOSITION ET DANS LE TRAVAIL
DES AFFINERIES ET DES CHAUFFERIES.

Depuis quelques années, beaucoup d'essais ont été faits dans le but d'obtenir une économie de combustible dans le travail des affineries et des chaufferies. On ne chercha d'abord qu'à faire un meilleur emploi de la chaleur, en utilisant celle qui se perdait, pour réchauffer le fer destiné à être étiré au martinet. Cette première amélioration fut tentée avec succès en 1828, dans les usines de la chute du Rhin; elle consistait simplement à ajouter aux foyers d'affinerie ordinaires, représentés par la Pl. 5, un four à réverbère dont la voûte, s'appuyant contre les piliers qui supportent la cheminée, se prolongeait du côté opposé à la tuyère et dans sa direction. La sole de ce four avait environ 2^m de longueur, et une largeur uniforme de 0^m65. A l'extrémité du four opposée au foyer, s'élevait une cheminée de 8 à 9^m de hauteur, et une porte ménagée au bout de la sole servait à introduire le fer, et à le retirer lorsqu'il était parvenu à la température néces-

II^e PARTIE.

24

saire. La hotte de l'affinerie était bouchée au-dessus des piliers de support.

On supprima ainsi les chaufferies des martinets, mais il n'en résulta aucune économie de combustible dans l'affinerie.

Plus tard, on imagina de construire au-dessus du foyer une voûte en dôme percée d'un trou, pour laisser échapper la flamme dans la cheminée. Par cette disposition, la chaleur étant réfléchie sur le creuset, on obtint une économie de combustible qu'on évaluait de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$; mais on fut obligé de l'abandonner parce que les ouvriers souffraient trop de la chaleur, et que les cendres, ainsi que les substances terreuses qui se détachaient du dôme, retombant dans le fer, nuisaient à sa qualité et le rendaient pailleux.

Enfin, on adopta la forme de four à réverbère étendant sa voûte jusque sur le creuset, et l'on réunit ainsi l'avantage de l'économie de combustible dans l'affinerie à celui de pouvoir réchauffer le fer sans foyer particulier.

Tout récemment on modifia cette construction, de manière à pouvoir en outre chauffer l'air, soit pour l'affinerie ou la chaufferie même, soit pour un haut-fourneau, et l'on a appliqué la chaleur perdue à la torréfaction du bois.

On va faire connaître celles des dispositions qui, pour l'emploi de l'air froid ou de l'air chaud, ont produit les meilleurs résultats.

AFFINERIES A RÉVERBÈRE.

Selon qu'on veut affiner la fonte avec ou sans chauffage préalable de ce métal, on adopte l'un des systèmes de construction suivants, qui permettent dans tous les cas de réchauffer le fer pour l'étrépage.

Si la fonte est employée froide, on peut adopter la disposition en usage à l'usine d'Audincourt et dans plusieurs autres localités, soit pour une seule affinerie, soit en réunissant deux foyers. Les *fig.* 6 à 9, Pl. 33, représentent la double disposition d'Audincourt, dont les résultats sont avantageux.

Les foyers V, V sont construits en saillie à droite et à gauche du four, et leurs portes de travail P, P se trouvent sur le devant; vis-à-vis ces portes sont ménagés des passages Q, Q par lesquels on introduit la fonte, et on la fait avancer jusque près des tuyères T, T, qui sont placées latéralement. Une cloison U sépare les foyers, et ils sont couverts par une voûte qui se relie à celle du four à réverbère construit en arrière. La sole R R de ce dernier est relevée à une hauteur commode pour son chargement et son dé-

chargement; cette hauteur n'influe d'ailleurs en rien sur le chauffage du four ni sur le travail des affineries. Deux conduits rampans X, X conduisent les flammes des foyers dans la capacité du réverbère, et après qu'elles l'ont parcourue dans toute sa longueur, elles s'échappent par la cheminée.

Le four est pourvu de trois portes, deux latérales et une sous la cheminée; les premières servent au chargement des plus gros fers, ou de ceux que l'on veut chauffer plus fortement.

A Audincourt, ces fers sont étirés au laminoir. On charge à la fois vingt-cinq à trente bidons ou petites barres de 0^m65 (2 pieds) de longueur sur 4^{cm} (18 lignes) d'équarrissage, et ordinairement, au bout de trente-cinq à quarante minutes, elles sont suffisamment chauffées.

Les deux affineries fournissant plus de chaleur qu'il n'en faut pour cette opération, on avait construit un second four qui recevait la flamme du premier, mais cette disposition peu commode au travail a été abandonnée. Du reste, les deux fours étaient très bien chauffés, et par conséquent un foyer d'affinerie suffit pour un réverbère.

Si la fonte doit être préalablement chauffée, comme on le pratique dans le travail à la champenoise, il est commode et avantageux de se servir de l'affinerie à réverbère représentée par les *fig. 1 à 5*, Pl. 33. Elle est en usage à Schaffouse, à Stuttgart, et dans plusieurs usines des deux rives du Rhin. Cette disposition est la dernière adoptée, et remplit bien le but que l'on s'est proposé.

Le foyer F est immédiatement suivi du four à réverbère, dont la sole se divise en deux parties. La première, que l'on nomme la *banquette*, commence au niveau de la rustine du creuset, et s'élève avec une pente de 5 à 6 centimètres jusqu'au-delà de la première porte latérale en *m*; la seconde, qui est la *sole* proprement dite *ms*, se prolonge horizontalement jusqu'à la cheminée, et une seconde porte latérale est destinée au service de cette partie du four.

La banquette sert à chauffer la fonte, et la sole à chauffer le fer pour l'étirage.

Si le réverbère doit servir pour réchauffer de longues barres comme dans les fenderies, ou des tôles, il est plus commode d'élever la sole, et de pratiquer sa porte sous la cheminée. La banquette n'est en rien changée, mais elle est limitée par une espèce de pont de chauffe élevé verticalement en *m* jusqu'à la sole.

Pour chauffer l'air dans ces appareils, on emploie diverses dispositions,

qui toutes satisfont quant au degré de température nécessaire, mais qui ne sont pas également durables et commodes.

A Stuttgart, on a placé des tuyaux *juxta*-posés, et communiquant entre eux au-dessus du foyer, dont ils composent une partie de la voûte, et l'air, après avoir parcouru ces tuyaux, arrive à la tuyère sans avoir subi de refroidissement.

A Hammeisenbach (Wurtemberg), et dans plusieurs usines du grand-duché de Bade, on emploie, au lieu de tuyaux, des caisses en fonte à compartimens alternatifs, et qui forment également une partie de la voûte au-dessus du foyer.

Le seul inconvénient de ces deux dispositions, c'est que la fonte se brûle assez promptement, et qu'il faut souvent réparer l'appareil.

A Schaffouse, le chauffage de l'air se compose de tuyaux horizontaux traversant la cheminée par laquelle s'échappe la flamme, comme l'indiquent les fig. 2 et 3, Pl. 35. Cette disposition est meilleure que les précédentes, et l'air arrive tout aussi chaud à la tuyère, pourvu qu'on ait soin d'envelopper le tuyau de conduite; les tuyaux sont moins exposés à brûler lorsqu'on travaille à l'air froid; enfin, le tirage se fait tout aussi bien, si les espaces libres autour des tuyaux ne présentent pas une section moindre que celle de la cheminée.

Le diamètre des tuyaux et la longueur de la partie qui traverse la cheminée dépendent du volume d'air à chauffer et de la température à laquelle on veut élever cet air. On peut calculer ces dimensions d'après les données indiquées dans la section XI de la Première partie.

Pour un volume d'air de 200 pieds cubes par minute, chauffé de 170 à 180 degrés centigrades, il suffit de quatre tuyaux de 0^m16 à 0^m17 de diamètre intérieur, sur 0^m76 à 0^m80 de longueur dans la cheminée; si la température doit être portée de 200 à 210 degrés, les tuyaux doivent avoir de 0^m20 à 0^m22 de diamètre intérieur, et de 0^m80 à 0^m85 de longueur dans la cheminée.

A l'usine de Laufen près Schaffouse, cette disposition est employée pour chauffer l'air lancé dans le haut-fourneau, par la flamme perdue des affineries; seulement on y a ajouté un cinquième tuyau, et les dimensions des tuyaux sont les plus grandes de celles indiquées ci-dessus.

L'épaisseur des tuyaux inférieurs doit être plus forte que celle des autres. Ordinairement les deux tuyaux du bas ont 15 à 20 millimètres d'épaisseur, et les deux autres 10 à 12 millimètres. On emploie même des tuyaux plus

minces, tant pour le bas que pour le haut, mais alors ils s'usent trop promptement.

La même disposition d'affinerie à réverbère peut s'appliquer au travail à l'air froid; il suffit pour cela de supprimer les tuyaux de chauffage.

Lorsqu'on veut travailler en n'employant que le vent chaud, il faut, pour diminuer la lenteur de l'affinage, rétrécir le creuset, et lui donner moins de profondeur. L'expérience a bientôt appris, dans chaque cas particulier, les limites auxquelles il convient de s'arrêter.

CHAUFFERIES A RÉVERBÈRE.

La disposition des chaufferies à réverbère est tout-à-fait la même que celle des affineries, et n'exige aucun changement dans les dimensions de creuset habituelles.

On se sert de ces foyers dans les usines où l'on n'est pas dans l'usage d'employer les feux d'affinerie à l'étrépage, et dans plusieurs de celles où l'on pratique le puddlage direct de la fonte.

On dispose ces chaufferies pour travailler à l'air froid ou à l'air chaud, en chauffant l'air, dans ce dernier cas, par les moyens précédemment indiqués. La houille peut être employée dans l'un et l'autre cas, mais elle l'est plus avantageusement avec le vent chaud.

Les frais d'établissement d'une affinerie ou d'une chaufferie à réverbère peuvent varier de 900 à 1,000 fr., selon les localités.

AFFINAGE PERFECTIONNÉ.

Les principales modifications introduites dans l'affinage sont le chauffage préalable de la fonte avant la fusion, comme cela se pratique dans la méthode champenoise, et l'emploi de l'air chaud.

Le chauffage préalable s'applique, soit qu'on travaille au vent froid, soit qu'on opère au vent chaud : à cet effet, on introduit la fonte, en morceaux de poids et dimensions convenables, sur la banquette du four à réverbère, dix à quinze minutes avant la fin du précédent affinage; dès que cette opération est terminée, on fait avancer la fonte échauffée vers la tuyère, et l'on conduit le travail de l'affinage comme à l'ordinaire.

La fonte étant introduite toute rouge dans le creuset, on accélère ainsi la fusion, et il en résulte économie de temps et de combustible.

Lorsque les fontes exigent une fusion lente pour pouvoir être affinées

avec avantage, on ne doit point les chauffer, ou ne les porter qu'au rouge sombre tout au plus; sans cela leur fusion est trop rapide, et elles ne donnent que de mauvais fer. Ce sont principalement les fontes phosphoreuses qui sont dans ce cas, et comme par la disposition seule du foyer elles fondent toujours assez promptement, même en les chargeant froides, il est surtout nécessaire d'user des moyens de correction indiqués section II, page 54.

Lorsque la loupe a subi le premier cinglage, on la rapporte dans le creuset d'affinerie, comme cela se pratique ordinairement. Là, elle est réchauffée et soudée pendant la fusion de la fonte, puis on la reporte sous le marteau pour achever de l'étirer en grosse barre.

Dans plusieurs usines, comme à Laufen près Schaffouse, après avoir formé la pièce, on la porte dans le creuset d'une chaufferie à réverbère alimentée à la houille, et toute l'opération de l'étirage se termine en réchauffant dans ce fourneau.

Lorsque le fer est étiré en grosses barres, et qu'il n'a plus besoin d'être porté à la chaude soudante, on le porte sur la sole du four à réverbère, et même sur la banquette; les barres sont placées perpendiculairement à l'axe du fourneau, et l'une de leurs extrémités passe sous les portes. Parvenues au rouge blanc, on les porte successivement sous le marteau pour les réduire d'échantillon; et lorsque le premier bout est forgé, on les laisse refroidir, on les engage dans le four par l'autre bout, et on achève l'étirage.

Ce travail peut se faire, soit dans le réverbère d'une affinerie, soit dans celui d'une chaufferie.

Il est avantageux de réchauffer les pièces dans un foyer ou chaufferie séparée, parce qu'alors rien n'oblige à retarder l'affinage, et que l'on peut fabriquer beaucoup plus dans le même temps. A Laufen, l'accroissement obtenu est d'environ un tiers en sus de ce qu'on pouvait faire dans les anciens feux, et le produit d'une semaine ou de six jours de travail s'élève jusqu'à 4,000 kil. Les mêmes avantages se retrouvent dans la plupart des forges du grand-duché de Bade, où le chauffage de la fonte et du fer à étirer est en usage, avec ou sans emploi d'air chaud.

EMPLOI DE L'AIR CHAUD DANS LES AFFINERIES ET DANS DES FINERIES
OU MAZERIES.

Une amélioration qui produit en général des résultats avantageux, quoiqu'elle n'ait pas également réussi dans toutes les usines où elle a été tentée, c'est l'emploi de l'air chaud dans les foyers d'affinerie. Il est possible que toutes les natures de fonte, outre les fontes phosphoreuses, ne se prêtent pas à son application, et il y a sans doute à faire à ce sujet des études analogues à celles qui ont été indiquées pour les hauts-fourneaux. (Voyez la fin de la section XI, première partie.) Mais il est du moins certain que dans le plus grand nombre de cas ce procédé produit une économie de combustible, et diminue les déchets dans quelques circonstances, lorsqu'il est appliqué à l'affinage au charbon de bois.

A l'usine de Laufen, près Schaffouse, l'appareil à vent était primitivement disposé de manière à pouvoir faire agir à volonté l'air froid ou l'air chaud; il est actuellement disposé pour le travail à l'air chaud seulement. Ce dernier est projeté dans le foyer à la température de 200 degrés centigrades. On affine des fontes blanches provenant du haut-fourneau de Plons, près Sargans (Suisse), et fabriquées, soit à l'air froid, soit à l'air chaud. Les résultats varient selon que l'on emploie l'une ou l'autre espèce de fonte.

En travaillant à l'air froid, sur les fontes produites également à l'air froid, la moindre consommation de charbon pour affiner 100 kil. de fonte était de 40 pieds cubes ($0^{\text{m}}940$); en opérant sur les mêmes fontes à l'air chaud, mais sans réchauffer la fonte ni les barres à la flamme perdue, la consommation s'est réduite à 50 pieds cubes et demi ($0^{\text{m}}714$), ou tout au plus aux trois quarts de ce qu'elle était précédemment.

De plus, le produit hebdomadaire, qui n'était que de 5,000 kil. à l'air froid, s'est élevé à 5,600 kil. au moins, et a souvent atteint le chiffre de 5,900 en employant l'air chauffé. Le déchet est demeuré d'ailleurs à peu près le même, ou n'a pas présenté de diminution notable.

En chauffant préalablement la fonte, et réchauffant les barres dans le four à réverbère, la consommation de charbon s'est réduite à 21 pieds cubes par 100 kil. de fer, c'est-à-dire de près de moitié de ce qu'elle était dans les anciens feux.

En travaillant à l'air chaud, sur des fontes obtenues aussi à l'air chaud,

mais sans réchauffer la fonte ni le fer par la chaleur du foyer, on a consommé jusqu'à 36 pieds cubes de charbon ($0^{\text{m}}842$), en sorte que l'économie n'était plus que d'environ 11 pour 100. On attribue ce résultat moins avantageux à la fonte, qui est plus compacte et plus difficile à affiner que celle qui est fabriquée à l'air froid. Toutefois, ce désavantage a disparu presque entièrement en faisant usage des flammes perdues.

L'affinage s'opère sur 150 kil. à la fois, et dure environ trois heures; le déchet est moyennement de 20 pour 100, c'est-à-dire que l'affineur rend 80 de fer pour 100 de fonte; quelquefois même, il rend jusqu'à 83 et 85 de fer.

Aux forges de Königsbrunn, où l'affinage se pratique également à l'air chaud sur des fontes obtenues à l'air chauffé, on n'a pas éprouvé plus de difficulté à affiner cette dernière fonte qu'à traiter celles produites à l'air froid. L'air est porté à la température de 175 degrés centigrades, et pour produire 100 kil. de fer, on consomme 42 pieds cubes et demi de charbon de bois dur ($0^{\text{m}}983$). On consommait à l'air froid 50 pieds cubes ($1^{\text{m}}170$); il y a donc économie d'un peu plus de $\frac{1}{4}$. Le déchet sur la fonte a diminué un peu par le nouveau procédé.

Dans les usines du duché de Bade, on emploie l'air chauffé à la température de 100 à 120 degrés centigrades, et l'on consomme 50 à 52 pieds cubes de charbon ($0^{\text{m}}810$ à $0^{\text{m}}864$) par 100 kil. de fer. A l'air froid, on brûlait 40 à 48 pieds cubes de charbon ($1^{\text{m}}080$ à $1^{\text{m}}296$), pour obtenir le même produit. Ainsi, il y a économie moyenne d'environ 30 pour 100.

L'emploi de l'air chaud n'a pas changé sensiblement la consommation de combustible dans les forges du Bas-Rhin, bien qu'on l'emploie à la température de 100 à 125 degrés centigrades; mais on obtient ainsi 3 à 4 pour 100 de plus en fer.

Ces avantages se retrouvent à différents degrés dans toutes les usines observées, comme l'indique le tableau suivant, où l'on a réuni les données contenues dans les Archives métallurgiques de Karsten (tome XLII, 1838).

DÉSIGNATION DES USINES.	FER POUR 100 DE FONTE.		CHARBON POUR 100 DE FONTE.	
	A l'air froid.	A l'air chaud.	A l'air froid.	A l'air chaud.
Königshütte (Silésie).....	77,50	79,49	169	157
Elend (Hartz). Fonte fabriquée à l'air froid.....	76,47	78,97	151	151
Elend (Hartz). Fonte fabriquée à l'air chaud.....	77,02	78,97	151	151
Rübeland (Hartz). Fonte fabriquée à l'air froid.....	75,10	79,33	163	113
Tanne.....	75,85	77,97	189	185

Les divers résultats que l'on vient de citer après ceux de l'usine de Laufen sont obtenus par l'emploi de l'air chaud, sans faire usage des flammes perdues pour l'étirage; et il est probable que, par l'adjonction de ce moyen, on réalisera les mêmes avantages qu'aux usines de Schaffouse.

Dans ces dernières, on emploie le vent chaud pendant toute la durée de l'affinage; mais dans beaucoup d'autres usines, on ne s'en sert pas constamment. On opère la fusion de la fonte à l'air chaud, tandis que l'affinage proprement dit, ou la décarburation du fer et le soudage de ses molécules, est effectué à l'air froid. Cette distinction est considérée comme très importante pour le succès de l'opération.

Il résulte toutefois des observations de M. Karsten, qu'elle n'est pas rigoureusement nécessaire, pourvu que l'on fasse varier la température de l'air dans les diverses périodes de l'affinage. Voici les degrés de chaleur qu'il a constatés dans les usines ci-après :

	A Abtegenstein.	A Königshütte.
Pendant la fusion de la fonte.....	205° Réaumur.	137° Réaumur.
Pendant l'affinage lent ou la macération.....	168	140
Pendant les soulèvements ou l'affinage vif.....	172	125
Pendant l'avalage.....	184	123

On voit qu'avant et après l'affinage lent, les températures marchent en sens inverse dans les deux usines, ce qui semble indiquer la nécessité d'étudier chaque fonte en particulier. Les difficultés et les incertitudes qui peuvent en résulter rendent peut-être préférable l'emploi alternatif du vent chaud et du vent froid.

En travaillant entièrement à l'air chaud, l'affinage est plus long, mais les déchets ne sont pas augmentés, et sont au contraire presque toujours moindres; il y a moins de scories formées qu'à l'air froid, et elles contiennent une moindre quantité de fer : l'air chaud est donc moins oxidant et plus favorable à la réduction que l'air froid. On avait d'ailleurs déjà acquis cette preuve dans le travail du fer à la forge de maréchal, où le déchet est moindre d'un quart à un tiers de ce qu'il est en opérant au vent froid. On conçoit du reste qu'il doit en être ainsi, puisqu'à volume égal, et sous la même pression, l'air chaud contient moins d'oxygène.

Si donc on veut employer l'air chaud pendant les deux périodes de l'affinage, il faut ajouter au métal beaucoup plus de scories riches et de battitures qu'on ne le fait ordinairement, ou bien de la ferraille, afin de suppléer à la moindre quantité d'oxidule de fer produite par l'action de l'air. Ces moyens ont été employés au Harz, et l'on en a obtenu de bons résultats.

Emploi de l'air chaud dans les fineries. On a fait, aux forges de Terrenoire, près Saint-Étienne (Loire), à Königshütte (Silésie), et dans quelques usines d'Angleterre, des essais pour appliquer l'air chauffé au travail des fineries ou mazeries alimentées au coke. Ces essais n'ont eu aucun succès, et l'on a reconnu que l'opération durait beaucoup plus, consommait plus de combustible, et ne donnait qu'un fin métal mal préparé. La fusion s'opérait, du reste, plus promptement qu'à l'ordinaire, mais le creuset devenant trop chaud, on ne pouvait travailler plus de cinq à six heures de suite sans s'exposer à le détruire.

Il est à observer qu'on n'avait pas fait de distinction entre les périodes du travail, et que l'air chaud fut constamment employé. Ces essais ne sont donc pas concluans, et il serait utile de les reprendre en employant l'air froid en temps convenable.

EMPLOI DU BOIS TORRÉFIÉ DANS LES AFFINERIES ET DE LA HOUILLE DANS
LES MAZERIES.

Les effets avantageux du bois torréfié ou charbon roux dans les hauts-fourneaux (voyez section XII, première partie) ont donné l'idée d'en essayer l'emploi dans les affineries, en le substituant au charbon de bois. Cet essai a été fait avec un plein succès à l'usine de Senne (Ardenes), par M. Lorcet.

L'appareil de torréfaction est chauffé par les flammes perdues de l'affinerie; il est placé au-dessus et en arrière du foyer, d'une manière analogue à

la position de l'appareil représenté par la Pl. 53, première partie. Les caisses de carbonisation sont rangées sur une seule ligne longitudinale, et leur fond est composé d'une plaque horizontale qui repose sur les deux murs latéraux du four; la capacité des caisses est de 1^m660, et malgré cette grande dimension la carbonisation s'y opère bien régulièrement.

La construction du four diffère de celle des fours de hauts-fourneaux quant à la partie inférieure: comme la chaleur développée des gaz qui s'échappent des foyers d'affinerie est relativement plus considérable que celle qui se dégage du gueulard des hauts-fourneaux, elle est non seulement plus que suffisante pour torréfier la quantité de bois nécessaire, mais elle détruirait bientôt les fonds de caisses si on ne les préservait de l'action immédiate de la flamme. A cet effet, on a construit, en dessous, une voûte en briques, percée de distance en distance d'ouvertures par lesquelles la flamme peut pénétrer et être dirigée à volonté.

Deux caisses des dimensions indiquées ci-dessus suffisent à la rigueur pour une affinerie; mais comme il est nécessaire que le charbon soit totalement refroidi avant de l'employer, afin qu'il ne s'enflamme pas sur l'âtre où on le dépose pour les besoins du service, il est bon d'établir trois caisses au moins, et mieux encore quatre. Elles sont pourvues chacune d'un étouffoir en fonte.

On charge les fours par-dessus et du côté opposé aux étouffoirs, et l'opération est conduite de la même manière que dans les appareils de hauts-fourneaux, à cela près qu'elle est poussée plus loin. L'expérience a montré que le point convenable de carbonisation était celui où le bois est réduit à la moitié de son volume, et ne contient plus de fumerons, en sorte que la carbonisation est presque complète.

L'affinage se fait comme à l'ordinaire, mais il est plus facile et plus rapide, à raison de la chaleur plus intense que produit le nouveau combustible; et le déchet de fer est un peu moindre que par l'ancien procédé.

Avec ce dernier, on consommait par tonne de fer 9 mètres cubes de charbon de bois blanc, déchets de halle compris, correspondant à 24^m66 de bois; par le nouveau procédé, on ne brûle, pour le même produit, que 11 $\frac{1}{2}$ à 13 stères de bois. Ainsi l'économie est beaucoup plus considérable encore que pour les hauts-fourneaux.

La qualité du fer n'a souffert en rien de cette modification, et, sous ce rapport, les produits paraissent même être supérieurs à ceux fournis par l'ancienne méthode. Il est probable que l'hydrogène que le nouveau char-

bon contient encore en quantité considérable joue ici un rôle important, et qu'il décarbure la fonte plus complètement.

Emploi de la houille dans les fineries. On a vu précédemment l'utilité qu'il peut y avoir à établir une distinction entre les deux périodes de l'affinage au charbon de bois, en faisant alternativement usage de l'air chaud et de l'air froid. Cette même distinction produit un avantage d'une autre espèce dans les mazières ou fineries, et permet de mélanger la houille crue au coke pendant une partie de l'opération, même en ne faisant usage que de l'air froid.

Des essais suivis, faits aux forges du Creuzot (Saône-et-Loire) et Decazeville (Aveyron), ont démontré qu'on peut mêler au coke la houille en nature, pour un tiers et même pour moitié, en n'employant ce mélange que pendant la fusion de la fonte. Il en résulte une économie de combustible, sans aucun inconvénient pour les produits. Le mazéage, après que la fusion est complètement opérée, se continue avec le coke seul.

L'air chaud appliqué pendant la première période de l'opération seulement produirait sans doute des résultats plus avantageux encore, sous le rapport de l'économie de combustible et de la célérité dans le travail; et avec la tendance générale de tous les maîtres de forges vers les améliorations, on peut espérer que cet essai ne se fera pas attendre long-temps.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE DU TEXTE.

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LA DEUXIÈME PARTIE.

FABRICATION DU FER FORGÉ.

DES DIVERS MOYENS D'OBTENIR LE FER.

Énumération de ces divers moyens ; minerais auxquels est applicable avec succès l'affinage immédiat, *stuckofen*, et *foyers à la catalane*, 1. — Les *stuckofen* sont généralement abandonnés, 1. — Localités dans lesquelles est usitée la méthode catalane, 1, 2. — L'affinage de la fonte est le moyen le plus généralement adopté, et le seul applicable à une grande fabrication, 2. — Les modes di-

verses de l'affinage de la fonte se renferment dans deux types principaux, la *méthode allemande* et la *méthode anglaise*, 2. — Étirage du fer dans les deux méthodes; procédé mixte, ou *méthode champenoise*; on a cherché à perfectionner la méthode allemande et à accélérer ses résultats, 2. — Affinage de la ferraille, 2, 3. — *Fer marchand, martinets, petits laminoirs, espataris, fenderis, laminoirs à tôle*, 3.

SECTION I.

AFFINAGE IMMÉDIAT DES MINERAIS PAR LA MÉTHODE CATALANE.

DISPOSITIONS DES FORGES CATALANES.

Composition très simple et peu dispendieuse de ces usines; énumération des parties qui les composent; conditions pour que l'usine ait une disposition commode, 3, 4. — Positions relatives et convenables des diverses parties; l'eau est le seul moteur employé dans ces usines; limites des hauteurs de chute employées; quantité d'eau consommée par minute, 4.

PRÉPARATION DES MINERAIS.

Grillage. Il se fait généralement dans des fourneaux, 4. — Description et dimensions des deux sortes de fours employés, 5. — Mode et conduite de l'opération dans les fours à

cuves, 5. — Il serait facile de modifier ces fours de manière à rendre le grillage continu, 5. — Opération dans les fourneaux voûtés; effet de l'absence de grillage sur les produits de certains minerais; *macération*; sa durée selon la nature des minerais; nécessité de l'arrosage pour les minerais pyriteux et phosphoreux, 6. — *Cassage*. Mode de l'opération; grosseur convenable des fragments; criblage des résidus pour en retirer la *greillade*, 6.

DES FONDANS ET MÉLANGES DE MINERAIS.

Fondans employés; on suit les règles indiquées dans la première partie; on mélange aussi les minerais, 6.

DES TROMPES.

Définition de ces appareils; énumération des parties qui les composent, *la pèche, les arbres, la caisse ou cuve, l'homme ou la sentinelle, le burl, le bourec, le canon de bourec*, 6, 7. — *Etrangillons, aspirateurs ou trompillons*, 7. — *Cuve à fond, ou sans fond*; celle-ci est préférable, 7. — *Jeu des trompes*, 7. — *Les cuves sont de véritables régulateurs à eau*, 7. — *Les trompes varient dans leur construction, leurs dimensions et leurs dispositions*, 7. — *Règles à suivre dans la construction des trompes*, 8. — *Limites de la hauteur de chute à employer*, 8. — *Limites du diamètre du petit bout de la buse; dimensions relatives des tuyaux porte-vent*, 8, 9. *Résultats donnés par l'expérience pour des trompes bien construites*, 9. — *Hauteurs du manomètre dans ces machines; force qu'elles utilisent*, 9. — *Localités où elles peuvent être établies; avantages de ces machines*, 9. *Des expériences hygrométriques ont prouvé que le reproche qu'on leur a fait de produire un air saturé d'eau n'est pas fondé*, 9.

DES FOURNEAUX.

Fourneaux catalans, navarrais et biscayens; ils sont tous composés de quatre côtés; *la varme, le contre-vent, la rustine, le latéral ou chio*; le fond du foyer porte le nom de *sole*; ces fourneaux n'ont pas de cheminée, 10. — *Pièces de revêtement de ces diverses parties*, 10. — *Fourneaux catalans et navarrais; localités où ils sont en usage; leur disposition*, 10. — *Formes des tuyères, et nomenclature de leurs parties*, 11. — *Les trompes n'exigent qu'une seule buse, mais il en faut deux avec les soufflets dont l'action est intermittente*, 11. — *Tableau présentant toutes les données nécessaires pour la construction et la disposition des divers genres de fourneaux*, 12. — *Observations sur ce tableau*, 12. — *Quantité d'air nécessaire par minute pour les fourneaux catalans, navarrais et biscayens*, 12.

DES MARTEAUX.

Marteau employé pour la fabrication des

gros fers; martinet employé pour les fers de petite dimension, 13. — *Ils sont montés l'un et l'autre à barente, et d'une manière analogue*; longueur, diamètre des manches de marteaux; bois employés à cet usage; les marteaux sont en fonte ou en fer, pesant de 300 à 350 kil.; panne en fer employée pour les marteaux en fonte, 13. — *L'enclume doit être de même métal que la panne; on la place dans une chabotte, ou immédiatement sur le stoc; poids de l'enclume dans les deux cas*, 13. — *Roues hydrauliques qui mettent les marteaux en mouvement; leurs dimensions; leur vitesse; nombre de coups de marteau par minute*, 14.

Montage des martinets. Longueur du manche; poids du marteau et de l'enclume; dimensions de leurs roues hydrauliques; nombre de levées du marteau par minute, 14.

TRAVAIL DU FER.

Nombre d'ouvriers nécessaires; leurs noms et leurs rôles; *fondage*; description détaillée de l'opération pendant ses diverses périodes; emploi de la greillade; mode convenable pour donner le vent; travail à faire, et précautions à observer par l'écolier pendant la réduction et la fusion; conditions dans lesquelles le laitier doit toujours se trouver; ses inconvénients s'il est ou trop épais ou trop liquide; travail du mazet, sa durée; travail à faire aussitôt le mazet enlevé, 14, 15, 16. —

Martelage ou cinglage. Description de l'opération, vitesses successives du marteau; division du mazet en deux parties, ou massoques; chauffage des massoques; leur étirage; lorsqu'on veut fabriquer du petit fer, on recoupe les massoques en massoquettes ou masselottes, 16. — *Consommations et produits. Charge en minéral grillé pour un feu, et pour chaque espèce de foyer; produits en fer et par feu des divers fourneaux à la catalane*, 16, 17. — *Consommation en combustible. Elle est en moyenne de 3 kil. pour 1 kil. de fer; observations sur le rapport qui paraît exister entre la charge en minéral grillé et la consommation en combustible*, 17. — *Nature de fer. Le fer obtenu est toujours de*

très bonne qualité, mais dur et acideux; on pourrait au besoin y obvier, 17. — *Étréage au martinet.* Le déchet sur le fer en masselottes est de 7 à 8 pour 100; la consommation en combustible est de 50 pour 100, 17, 18. — *Observations.* On a essayé de substituer le coke au charbon de bois dans les

foyers catalans, mais jusqu'à présent sans succès; essai de M. Richard pour appliquer l'air chaud à ces foyers; il serait intéressant de reprendre les essais au coke avec l'air chaud et en faisant usage d'une forte trompe, 18.

SECTION II.

AFFINAGE DE LA FONTE AU CHARBON DE BOIS.

DISPOSITION DES FORGES À L'ALLEMANDE.

On comprend sous cette dénomination toutes les usines dans lesquelles on fabrique le fer au charbon de bois et au moyen de marteaux; disposition et distribution de ces forges; l'eau seule y est employée comme muteur, 18, 19. — Disposition des martinets; emplacement des halles à charbon, 19, 20.

DES FOYERS.

Les foyers ou feux employés dans les forges à l'allemande sont : les *renardières*, les *affineries* et les *chaufferies*; définition de chacune de ces espèces de foyers; comment ils sont établis, 20, 21. — Dimensions à donner à l'aire des foyers, 21. — *Dispositions et dimensions des feux d'affinerie.* Position du creuset; il est construit avec des plaques de fonte ou *tagues*; noms de ces diverses plaques : *fond ou sole, varme, contre-vent, laitrol ou chio, haire ou rustine*, 21. Disposition du devant du creuset; plaques ou caises en fonte pour recevoir le charbon; bûche à eau, 21. — Mode de l'introduction de la gueuse dans les usines de France et dans celles d'Allemagne; bassin mûr en en fonte à établir sous la sole; on y fait arriver de l'eau pour empêcher la sole de rougir et le fer de s'y attacher, 22.

Conditions générales auxquelles doivent satisfaire les dimensions du creuset et la position de ses diverses parties, selon la nature de la fonte que l'on a à traiter, 22. — Inclinaison de la tuyère, plus grande pour la fonte blanche que pour la grise, 23. — On

fait les tuyères en cuivre rouge; l'ail de la tuyère doit être plus petit pour l'affinage de la fonte blanche que pour celui de la grise, 23. — On se sert ordinairement d'une seule buse; positif à lui donner dans le pavillon de la tuyère; inconvénient de deux buses dans une même tuyère, 23.

Observations générales sur les dimensions du creuset et sur leur influence, 23. — Tableau des données nécessaires à l'établissement des feux d'affinerie dans les usines allemandes et françaises, 24. — Cas très rares d'exception aux règles contenues dans ce tableau, 24. — *Dispositions et dimensions des chaufferies.* Lorsqu'on chauffe le fer dans un foyer séparé après l'affinage, la chaufferie n'est ordinairement qu'une espèce de renardière, 25. — Différence entre ce genre de foyer et les affineries ordinaires; ses dimensions, 25. — Les chaufferies n'ont qu'une tuyère, mais souvent on y emploie deux buses; disposition des masses ou lopins de fer dans les chaufferies, 25. — Les chaufferies ne sont utiles qu'autant que l'on fabrique beaucoup de fer de petit échantillon, 25, 26.

DES MARTEAUX ET MARTINETS.

Les marteaux servent à comprimer le fer au sortir des feux d'affinerie, et à l'étrier en gros échantillons; les martinets servent à réduire le fer en barres de petites dimensions, 26. — Mode employé pour leur donner le mouvement; marteaux à soulèvement ou à bascule, 26.

Les marteaux à soulèvement sont les seuls usités dans les forges à l'allemande; parties

principales de leur charpente ou ordon; *jambes, bague ou hurasse, court-carreau, longue-attache, drôme, rabat*; motifs qui font adopter aujourd'hui généralement l'ordon à *drôme coupé*, 26. — Ordon à *jambes* en fonte; motifs qui ont déterminé leur adoption, 26, 27. — L'enclume doit toujours avoir une position très solide; *stoc*; ses dimensions et ses dispositions, 27. — Assez souvent on place sur ce stoc une *chabotte*, dans laquelle on fixe l'enclume, 27. — Le marteau et l'enclume des ordons sont ordinairement en fonte; trempe à donner dans ce cas à la panne et à l'aire ou table; dimensions de ces parties; poids des marteaux dans les usines françaises, et nombre de coups par minute; inconvénients d'un poids trop fort; poids des marteaux dans les usines allemandes, et nombre de coups par minute; levée ou volée des marteaux en France et en Allemagne, 27. — Le poids et la vitesse des marteaux doivent varier selon la nature et l'échantillon des fers, 27. — Il est avantageux de donner beaucoup de poids aux enclumes; limites de ce poids; le marteau et l'enclume doivent toujours être de même matière; nombre de cames convenable; un seul marteau peut servir deux renardières, 28. — Les petits marteaux, *martinets* ou *mecas*, ayant besoin d'une grande vitesse, doivent être à *bascule*; disposition générale de leur charpente; manche des martinets en bois de hêtre ou charme; sa longueur; rapports entre les longueurs des deux parties du manche; on place sous l'extrémité de la queue un *ressort*, 28. — Matière, formes et dispositions des marteaux; dimensions des panes et aires; poids et vitesses des marteaux pour les diverses dimensions de fer; levée ou volée des martinets; nombre des cames fixées sur la bague, 29, 30.

DES MACHINES SOUFFLANTES.

Genre de machines soufflantes employées dans les forges à l'allemande; ordinairement on n'établit qu'une seule machine pour tous les feux d'un même atelier; disposition, dans ce cas, des caisses ou réservoirs d'air et porte-vent pour chaque foyer, 30, 31.

DE L'AFFINAGE DE LA FONTE.

Composition générale de la fonte, et objet que l'on doit se proposer dans l'affinage, 31. — Agens employés pour effectuer l'affinage : 1°. L'air atmosphérique. Son rôle, son mode d'action, 31. — 2°. Les scories ou laitiers. Production des scories crues ou laitiers pauvres. Leur rôle; leurs caractères; soins à prendre pour les faire écouler, 32. — Scories douces ou laitiers riches. Époque de leur formation; leur teneur en oxyde de fer; leurs caractères; leur rôle dans l'affinage, 32. — Influence de ces deux espèces de scories sur la nature du fer; moyen pour juger entre diverses scories les plus propres à l'affinage, 32. — 3°. Le *zorne*. Sa nature; son emploi; son action, 32, 33. — 4°. Les *batitures*. C'est la matière qui se détache de la loupe pendant le cinglage; leur composition; leur usage pour l'offioeur, 33. — 5°. La *chaux*. Son utilité pour corriger les fers phosphoreux ou sulfureux; époque de son addition dans ce cas; elle oméliore le fer dans beaucoup de circonstances; 6°. L'*oxyde de fer* et l'*oxyde de manganèse*. Proportions de leur emploi pour accélérer l'affinage et diminuer les déchets; l'oxyde de manganèse ne peut être employé avec économie que dans quelques localités, 33. — 7°. Le *sable*. Circonstances dans lesquelles on peut être forcé de l'employer. — 8°. L'*eau*. Bat qu'on se propose en la projetant sur le feu; son influence sur l'affinage; il faut user de ce moyen avec discrétion, 33, 34. — *Observations résultant de l'examen des divers agens qui concourent à l'affinage*. Sur la manière dont s'effectue le changement de la fonte en fer ductile par l'action de l'oxyde sur le carbone; sur le mode d'action du vent et sur les avantages de l'introduction directe de l'oxyde dans le foyer, 34.

Qualités des charbons. Nature de charbon préférée pour l'affinage; grossier convenable des charbons, 34.

Nature des fontes. Son influence sur la durée et la marche de l'affinage, 34. — Manière dont se comportent dans l'affinage les

diverses fontes blanches, 35. — Définition des désignations ordinaires de *fontes dures*, *semi-dures*, *tendres*, 35. — Pour obtenir un bon travail, le mieux est de mélanger les diverses qualités de fonte, 36. — Observation sur la longueur des gueuses la plus propre à l'affinage, 36.

Préparation des fontes. — Blanchiment dans les hauts-fourneaux, 36. — Au sortir du haut-fourneau, mode usité en Suède; cette opération n'est applicable ni aux fontes provenant de minerais réfractaires, ni à celles produites par des minerais impurs, 36. — Pour obtenir un blanchiment complet, il faut couler la fonte en plaques ou en saumons plats, 37. — Mode de coulée usité en Styrie et en Carinthie, 37.

Mazéage. Sa définition; son utilité; *mazéage styrien*: dimensions des foyers dans lesquels il s'opère; conduite de l'opération; quantité de fonte mazée par vingt-quatre broes; une mazerie alimente deux foyers d'affinerie; condition nécessaire pour conserver à la fonte toute sa liquidité; cette méthode ne peut s'appliquer qu'aux fontes grises, 37, 38. — *Mazéage de Souabe.* En quoi il diffère du précédent; mode de construction du creuset; position de la tuyère; quantités de fonte que l'on traite à la fois; avantage de ce mazéage sur celui de Styrie, 38. — Les deux méthodes donnent d'excellent fer, mais consomment beaucoup de combustible, 38. — *Mazéage du Nivernais.* Il tient à la fois des deux méthodes précédentes; disposition et dimensions des creusets; mode et conduite de l'opération, 38, 39. — Déchet dans les mazières, 39.

Grillage. Définition et but de cette opération; *grillage en fourneaux*: leur description; disposition et mode de l'opération; durée du grillage, 39, 40. — Consommation de combustible; dimensions des fourneaux, 40. — *Grillage sur aires.* Lieux où il est en usage; description et dimensions de l'aire; disposition, conduite et durée de l'opération; poids de fonte grillée à chaque opération, et consommation de combustible, 40. — *Mode de grillage usité dans le Nivernais.* Descrip-

tion de l'opération; consommation de combustible, 40. — Ce procédé dispendieux disparaît peu à peu, 41.

DIVERSES MÉTHODES D'AFFINAGE.

Les diverses méthodes ont des principes communs et des signes à peu près identiques qui doivent être les guides constants de l'affineur, 41. — Tout affinage se divise en deux opérations: 1°. la fusion; 2°. l'affinage proprement dit, 41. — But de la fusion, et manière dont s'y prêtent les diverses natures de fonte, 41, 42. — On ne doit pas en général exposer la fonte directement au courant d'air; quantité de vent nécessaire pour la fusion des fontes blanches, et pour celle des fontes grises, 42. — Quantité de fonte à mettre en fusion, 42. — Distance à laisser entre la tuyère et la fonte, selon qu'elle est blanche ou grise. — Utilisation des jets de fonte et brocailles; précautions à prendre selon l'état de liquidité de la fonte, 42. — Sondage fréquent de la masse vers la fin de la fusion, et indices qu'il fournit, 43. — Comment on peut faire varier la marche de l'affinage; formation de la *loupe*, *gâteau* ou *renard*; c'est l'époque où commence l'affinage, 43. — Il présente deux périodes bien distinctes; la marche du travail se règle par la couleur de la flamme; soulèvement de la loupe; il doit différer selon qu'on traite des fontes grises ou blanches; avalement de la loupe; à cette époque il faut employer un vent très fort; le vent doit être augmenté graduellement afin d'empêcher la masse de durcir, 43, 44. — Quantité de vent nécessaire pour le travail de la loupe, 44. — Repos de la loupe sur la sorte, après qu'elle a été avalée, et diminution du vent; formes et caractères que doit présenter la loupe si l'opération a été bien conduite, 44. — *Outils nécessaires à l'affinage*, 45. — La préparation du foyer est à peu de chose près la même, quelle que soit la méthode suivie; détails sur cette préparation, 45.

Classement en six catégories des principales méthodes d'affinage, 46. — *Méthode*

allemande. Elle s'applique surtout à des fontes très grises; description de cette méthode, 46. — Cette méthode s'applique aussi à des fontes blanches, très pures; c'est alors le cas de l'affinage par masse, 47. — *Méthode suisse ou demi-suisse, ou méthode du Berry*; fontes pour lesquelles on emploie cette méthode; on fond et on refond la fonte sans rafraîchir le métal demi-affiné, 47. — *Méthode française ou wallonne*. Localités où elle est en usage; nature des fontes que l'on traite par cette méthode; rapidité de la marche du travail, 47. — *Méthode syrienne*. — On doit comprendre sous cette dénomination les méthodes dans lesquelles on n'affine que des fontes blanches ou grillées; avec la fonte ainsi préparée, on n'a besoin ni de soulever la loupe ni de l'avaler; forte inclinaison de la tuyère; dimensions du creuset; description de l'opération, 47, 48. — *Affinage de Ségén*. Il a beaucoup d'analogie avec le syrien; nature de la fonte traitée par cette méthode; position de la gueuse par rapport à la tuyère; dimension et position des buses; description de l'opération, 48. — *Affinage par attachement*. Description de l'opération; nombre de lopins que l'on peut obtenir; pendant toute la durée de l'attachement, il faut employer beaucoup de vent; cette méthode peut se combiner avec toutes celles dans lesquelles on avale la loupe; ses avantages; elle peut aussi se combiner avec celles dans lesquelles le métal reçoit son degré d'affinage par une seule fusion sans soulèvement; cette combinaison caractérise la méthode dite *asémunde*, 49, 50.

Cinglage de la loupe et étirage du fer. Outils du forgeron; description de l'opération; par le cinglage la loupe est transformée en pièce; étirage de la pièce encrénée; *maquette*; *barre*; *parage* du fer; nécessité des chaudes suantes; nombre de coups de marteau nécessaires pour forger l'encrénée, pour faire la maquette et pour achever la barre, 51, 52. — *Division du fer marchand ou forgé sous le gros marteau* en trois classes: *gros*, *moyens*, et *petits* échantillons; dimensions des fers de

ces trois classes; noms et dimensions des subdivisions de chacune d'elles, 52. — *Nombres d'ouvriers nécessaires pour l'affinage et l'étirage du fer*, 1°. Dans la méthode allemande; leurs rôles pendant les diverses époques du travail; 2°. dans les autres méthodes, 52, 53. — *Consommations, produits et déchets* dans les diverses méthodes, 53, 54.

Affinage des fontes sulfureuses et phosphoreuses. Fers sulfureux ou rouversins cassans à chaud; fers phosphoreux, cassans à froid; on corrige ces fers dans l'affinage par l'emploi de calcaire très pur, réduit en poudre; description du mode d'opération usité en Poméranie et en Neumark; quantité de calcaire employée pour faire une loupe; il faut éviter de l'employer en excès; quantité de phosphore restant dans le fer après l'affinage; essais tentés pour l'emploi des carbonates de soude et de potasse; inconvénients de ces matières; on peut appliquer aux fontes sulfureuses un traitement analogue, mais il faut varier convenablement les doses de calcaire, 54, 55, 56.

DU TRAVAIL DES MARTINETS.

On sépare ordinairement ce travail du travail de l'affinage pour ne pas gêner ce dernier; combustibles que l'on peut employer; ouvriers nécessaires, 56. — *Divisions du fer martiné* en trois espèces; subdivisions de ces trois espèces et dimensions de chacune des subdivisions, 57. — Ces fers s'obtiennent en reforgant du fer marchand recoupé en *bidons* ou *bâtards*; dimensions des bidons, 57. — Description du travail, et précautions à observer; pour étirer une barre, on donne ordinairement trois chaudes; forgesse du fer rond; corroyage du fer lorsqu'on veut l'obtenir de meilleure qualité, 57, 58. — Production d'un martiné en travail de jour seulement, et en travail continu; déchets; consommation en combustibles; bottelage des tringles et verges, 58. — *Fours dormans*. Employés dans plusieurs usines au lieu de chaufferie; leur description et leurs dimensions; l'usage de ces fours est avantageux et

asses économique, mais ils sont insuffisants lorsqu'on veut corroyer le fer, 58, 59.

AFFINAGE A LA TOURNE.

Essais comparatifs faits à cet égard ; ils ne

paraissent pas avoir satisfait entièrement, puisque l'emploi du charbon de tourbe n'a point été adopté, 59.

SECTION III.

FORGES A L'ANGLAISE. — AFFINAGE DE LA FONTE A LA HOUILLE.

Procédé de fabrication.

L'idée de cette méthode est peut-être due à Réaumur ; elle fut inventée par Cors et Parnell en 1787, 59. — Elle consiste à préparer la fonte dans des *fineries*, à l'affiner ensuite dans des *fours à réverbère* ou *fours à puddler*, puis à forger le fer soit au moyen d'un marteau et de cylindres munis de cannelures, soit au moyen de ces derniers seulement, 59. — Le forgeage du fer comprend : le *cinglage* ou *dégrossissage*, le *cisaillage*, pour former les *trousses* ou *paquets* ; le *réchauffage* ou le *soudage des trousses* et le *laminage*, 59, 60. — Nomenclature des cylindres *lamioeurs*, selon la nature et les dimensions de fer que l'on en obtient, 60, 61.

Disposition des forges à l'anglaise. Elles exigent un vaste emplacement ; en les créant il faut autant que possible calculer l'étendue dont elles sont susceptibles, 61. — Composition d'un bâtiment de forge à l'anglaise ; dimensions principales d'une forge complète ; moteurs ; disposition à leur donner, 61. — Condition à remplir pour que tous les équipages puissent marcher simultanément ; les fours doivent toujours être placés à portée des industries qu'ils desservent ; les cisailles, de manière qu'elles ne gênent pas le service, 62. — Disposition qu'il convient de donner aux *fineries* ; accessoires inséparables d'une forge, 62, 63.

DES FINERIES.

Définition des *fineries* ; leur produit se nomme *fonte marte* ou *fin métal*, 53. — Description d'une *finerie*, et *fineries à trois*, quatre et six tuyères ; ces dernières sont presque seules en usage aujourd'hui, 63. — Di-

mensions du creuset dans les *fineries* à quatre et à six tuyères ; pour les *fineries* on n'emploie que des tuyères à eau ; inclinaison à donner à celles-ci, 64. — Emploi de tuyères opposées ; avantages qui en résultent, 65. — Saillie des tuyères dans le creuset ; elles ne doivent jamais plonger dans le bain de fonte ; position des buses dans les tuyères ; diamètre des buses pour la fonte blanche et pour la fonte grise ; rapport entre la section de l'œil des tuyères et celle des buses, 65.

DES FOURS.

Les parties principales des *fours à réverbère* sont : la *chauffe*, l'*aire* et la *cheminée* ; constructions intérieures et extérieures des *fours* ; disposition des armatures, 65, 66. — Hauteur et disposition des cheminées, 66. — Disposition générale des diverses parties de *fours*, 67, 68. — Plaques *coursières* entre les *fours* et le marteau ou les cylindres, 68.

Fours à puddler. Conditions auxquelles doit satisfaire leur construction ; influence de la nature de la houille, 68, 69. — Tableau des dimensions des soles, 70. — Rapport de la surface de la sole à celle de la grille, 70. — Dans les *fours à puddler*, le rampant et la grille n'ont pas toujours le même axe ; but que l'on se propose par cette disposition, 70. — Rapport entre la section des cheminées et la surface de grille pour avoir un bon tirage, 70. — *Fours doubles.* Ils ont été abandonnés ; motifs de cet abandon, 70, 71. — *Fours à deux soles.* Ils présentent des avantages, et devraient être plus généralement employés, 71.

Fours à réchauffer. Conditions qu'ils doivent remplir ; moyens d'y satisfaire ; dimen-

sions de leurs grilles; rapport entre la surface de grille et celle de sole; différences et parités entre leurs diverses parties et les parties analogues des fours à puddler; construction de l'aire, 71, 72.

Fours au bois et à la tourbe. Modifications nécessitées dans la construction des fours par l'emploi de la tourbe; les indications données ne peuvent être qu'approximatives, les essais n'ayant pas encore été assez prolongés, 72, 73.

DES MARTEAUX.

Dans les forges à l'aoglaise, on fait généralement usage du marteau frontal; sa description; composition de sa panne; de celle de l'enclume, 73. — Le marteau est soulevé par cinq cames fixées sur une forte bague en fonte; forte charpente ou grillage sur lequel est solidement monté et boulonné tout le système; massif de maçonnerie sous la charpente; mode de emmanchement de mouvement; diamètre et poids du volant; poids du manche du marteau et poids du marteau; nombre de coups par minute et levée du marteau; inconvénients des manches trop lourds; renfort nécessaire vers le centre de percussion, 73, 74. — Dans quelques grandes usines on a deux marteaux eingleurs; disposition dans ce cas; valet, bonhomme, bailloin ou servante pour arrêter le marteau, 74, 75. — Martinetes frontaux. Poids de leurs manches; leur vitesse de percussion; nombre de cames et levée, 75.

DES CISAILLES.

Définition; usage; description, nomenclature de leurs diverses parties; modes de leur transmission de mouvement; travail auquel sont employées les cisailles droites et les cisailles à queue; arrêt pour fixer la longueur des fers à couper; vitesses des grandes et petites cisailles; toutes les pièces des cisailles doivent être faites avec les meilleures matières, 75, 76, 77.

DES LAMINOIRS.

Disposition générale, 77. — Les cages

sont coulées en fonte d'une seule pièce; mode adopté pour les relier entre elles et pour les fixer très solidement; nécessité d'une fosse générale, 77. — Le montage sur charpente est préférable au montage sur maçonnerie; nécessité dans tous les cas de fondation très solides, 78. — Tourillons ou collets. Coussinets en brouze; vis de pression; nombre de cylindres pour un équipage de laminaires; disposition convenable pour les trains de laminaires; jeu de pignons en tête des équipages; allonges, boîtes ou manchons d'accomplissement, 78. — Il est nécessaire de rafraîchir les cylindres et tourillons par une aspersion d'eau; effets de cette aspersion; qualités essentielles que doit avoir la fonte employée pour les cylindres, 78, 79.

Montage des cylindres. Dispositions pour maintenir la coïncidence des cannelures; moyen pour régler l'horizontalité des axes et leur position dans ce même plan vertical, 79. — Jeu nécessaire entre les bouts ou tringles et les allonges; on doit régler l'épaisseur des manchons, de manière qu'ils cassent avant toute autre pièce; tablier à placer du côté de l'entrée des cylindres, et plaques de gardes à la sortie; gardes en fer forgé pour les laminaires à fer plat; description du travail du laminage à deux et à trois cylindres, 80.

Dimensions et vitesses des cylindres. Elles varient selon les fers à produire; selon l'état du fer; conditions à remplir par les dégrossisseurs et les finisseurs; longueurs de table et diamètre des dégrossisseurs; leur vitesse en cas de martelage préalable, et en cas de dégrossissage sans martelage; poids d'une paire de dégrossisseurs, 81. — Longueur de table et diamètre des élaucheurs; leur vitesse; leur poids; données analogues pour les cylindres marchands; mêmes données, relatives aux petits laminaires, 81. — Les diamètres des cylindres à fers carrés et ronds ne sont pas les mêmes pour le cylindre supérieur et le cylindre inférieur; valeur de cette différence, et disposition des cylindres pour un jeu à deux et pour un jeu à trois cylindres, 82. — Cylindres à fer plat; rondelles du

cylindre mâle, cannelures du cylindre femelle. Dans quelques usines, et surtout en Belgique, on n'a pas adopté cette différence de diamètre pour les parties travaillantes, 82.

Disposition et tracé des cannelures. Les cannelures les plus profondes doivent être le plus rapprochées des tonrillons; dispositions des cannelures pour les fers ronds et carrés, et pour les fers plats, 83. — Loi de décroissement des cannelures pour les différentes espèces de fer, 83, 84. — Évasement des cannelures pour les fers carrés et ronds; leur but, 84. — Usages habituels selon les diverses espèces de fer, 84. — Calcul du nombre de cannelures nécessaire pour obtenir un fer plat de dimensions données, et application de ce calcul à un cas donné, 84, 85, 86. — Examen du cas des cannelures variables dans les deux sens; usages pratiques; note indiquant le calcul relatif à ce cas, 86. — Décroissement des cannelures pour les fers dans un acieréux, 86. — On peut, sur les mêmes cylindres, obtenir des barres finies de diverses épaisseurs, en faisant varier leur

écartement, 86. — *Polissoir.* Cas où il convient de l'employer, 87. — Largeur à donner aux rondelles; division des cannelures en séries séparées par des cannelures elliptiques ou plateaux, 87. — Tracé graphique des cannelures à fer plat, 87, 88. — Observations relatives à ce tracé, 88. — Application du même système de tracé aux laminaires à trois cylindres, 88, 89. — Tracé des laminaires dégrossisseurs; dimensions et relations des cannelures successives; précautions nécessaires pour éviter les hautes et l'éraïlement, 39, 90. — Dimensions convenables pour les fers plats destinés à faire les trousseaux, 90. — Rapport minimum de décroissement des cannelures, 90. — Observations relatives aux cylindres dégrossisseurs; les cylindres ébaucheurs doivent faire suite aux dégrossisseurs; conditions auxquelles ils doivent satisfaire; tracé de leurs cannelures; séparation en séries, 91, 92. — *Laminaires à fers profilés.* Détails relatifs à la disposition de leurs cannelures et à la marche du travail dans ce genre de laminage; mode de leur tracé, 92, 93.

SECTION IV.

TRAVAIL DU FER.

Finage ou mazéage de la fonte.

Définition et but de cette opération, 93. — *Nature et formes des fontes.* Le mazéage est surtout indispensable pour les fontes grises et noires; les fontes truitées sont les plus propres au mazéage; assez souvent on mélange les fontes; la fonte destinée aux fineries est toujours coulée en saumons ou guenets, 93. — *Combustible.* Le coke est le seul employé; sa qualité doit varier avec la nature des fontes, 94. — *Confection des soles de finerie.* Emploi du calcaire pur ou du quartz; nécessité du renouvellement de la sole de loin en loin; travail à faire pour le renouvellement d'une sole, 64. — *Mise au feu.* Détails de l'opération, 94. — *Outils de l'affineur,* 94, 95. — *Chargement du creuset.* Poids du chargement selon les natures de fontes employées;

description de l'opération, 95, 96. — Sa durée, 96. — *Conduite du travail.* Ses périodes, durée de chacune d'elles; travail de l'affineur; travail des aides; indices auxquels on juge que le travail est achevé; description de la coulée; refroidissement; aspersion d'eau et immersion du fin métal coulé; l'addition de matières étrangères est avantageuse dans quelques cas, 96, 97. — *Qualités du fin métal.* Indices auxquels on les reconnaît; on peut juger par l'aspect de la coulée, si le finage est incomplet, poussé trop loin, ou bien fait, 97. — *Ouvriers nécessaires,* 98. — *Quantité de vent.* Elle varie selon la nature des fontes; limites convenables; quelle que soit la quantité que l'on donne, elle ne varie pas pendant le finage; pression convenable, 98. — *Produits, consommations et déchets.* Nombre d'opérations en douze heures; quan-

tité de fonte passée par vingt-quatre heures dans les fineries à six et dans celles à quatre tuyères; consommations, produits et déchets dans les anciennes fineries à trois tuyères; résultats des fineries du Decazeville, 98, 99. — *Durée des fondages*, 99.

DU PUDDLAGE.

Définition de l'opération; agens qui produisent l'affinage; natures de fonte qui se prêtent plus ou moins facilement au puddlage direct, 99, 100. — Le puddlage direct ou par addition de scories, et le puddlage du fin métal constituent deux méthodes entièrement distinctes quant à la première période du travail, 100. — *Outils du puddleur*, 100, 101. — *Combustible*. Le seul employé jusqu'ici est la houille; nature et état des houilles que l'on doit préférer pour cette opération. *Nombre d'ouvriers par four*. Leurs fonctions; on a essayé la tourbe et l'antracite, 101. — Nombre de *chaudes* par tournée de huit ou de douze heures, 101. — *Préparation de la sole*. Préparation de la sole en fonte; *id.* de la sole en sable; *id.* des soles en scories, 102. — Disposition à donner à la sole, selon que le travail se fait sur fin métal ou sur fonte, 102. — Inconvéniens et avantages de chaque espèce de sole, 102, 103. — Réparations à faire aux soles quand elles se creusent; enlèvement et renouvellement des soles; emploi des vieilles soles pulvérisées; remplacement des soles en fonte, 103. — On a fait des essais de soles en calcaire et en chaux, mais il a fallu y renoncer; résultats de ces essais relativement à la qualité du fer, 103. — *Mise en feu*. Description de l'opération; but du chauffage préalable, 104. — *Chargement du four*. Poids à donner aux fragmens de fonte; disposition de la charge; chargement des fours à deux soles; poids de la charge, 104.

Puddlage de la fonte, première période. Description détaillée du travail; des diverses circonstances de cette période; activité et soins nécessaires de la part du puddleur; époque à laquelle la fonte bout; durée du bouillonnement; indices de la fin de la pre-

mière période; la fonte commence à se sécher; travail à faire quand elle prend nature; conditions à remplir et soins à observer pendant cette période, 105, 106.

Puddlage du fin métal, première période. Différences entre ce travail et le précédent, 106.

Puddlage, seconde période. Description du travail; il importe de saisir le moment de former les balles; nombre des balles selon la quantité de matière mise à l'affinage; confection des balles; sa durée; durée de l'enlèvement des balles, et travail à faire après cet enlèvement, 106, 107. — *Durée de l'affinage*, nombre d'opérations par tournée de huit heures, 108. — Conditions d'un bon travail, et soins divers à observer, 108. — *Déchets*. Conditions pour qu'ils soient réduits au minimum. — *Produits et consommations*. Consommation en fin métal et en fonte blanche par vingt-quatre heures; produits dans le même temps; consommation de combustible pour la marche en fin métal et pour le puddlage direct, 109. — Comparaison de la consommation de combustible entre le travail au fin métal et le puddlage direct, 109. — *Puddlage au bois*. Résultats des essais tentés, 109, 110. — On a abandonné ces essais à cause de la difficulté des approvisionnemens, 110. — *Puddlage à la tourbe*. Essais tentés; ils n'ont pas eu assez de suite pour bien constater les déchets; conditions pour que le travail marche bien, et consommation de ce combustible, 110. — *Puddlage à l'antracite*. Les essais tentés prouvent que ce combustible n'est pas propre au puddlage, 111.

DÉGROSSISSAGE DU FER.

Opérations diverses que l'on comprend sous cette dénomination, 111. — *Cinglage*. Description du cinglage au marteau; transformation de la balle en *picce* ou *lopin*. Il est essentiel que le marteau ne frappe jamais à vide; ens où une balle se brise sous le marteau ou tombe de l'enclume; observation sur le fer provenant des balles inanquées et té-

chauffées; méthode de cinglage à laquelle cette observation a conduit, 111, 112. — *Passage aux dégrossisseurs et cisailage*, 112, 113. — *Cinglage au moyen des cylindres*; description de ce travail, 113. — On doit recueillir les scories et les battitures provenant du cinglage; durée du cinglage.

FINISSAGE DU FER.

Opérations comprises sous cette dénomination, 114. — *Réchauffage*. Ouvriers employés à son service; formation de la sole du four; introduction des troussees et leur disposition dans le four; charge d'un four; fermeture des portes du four, et précautions à prendre; conduite du feu; durée du réchauffage; sortie des troussees; durée de leur enlèvement, 114, 115. — *Consommations et déchets*. Consommation de houille pour les gros et pour les petits fers; consommation de sable réfractaire pour faire les soles; proportions des déchets pour les gros et pour les petits fers, 115, 116. — *Réchauffage au bois et à la tourbe*. Ces combustibles conviennent parfaitement pour cette opération; consommation moyenne de tourbe fibreuse, 116.

LAMINAGE DU FER.

Nombre d'ouvriers pour chaque jeu de laminoirs; passage de la trousse aux ébaucheurs; passage aux finisseurs; l'opération du laminage exige beaucoup d'attention et d'adresse; rôles des divers ouvriers; les mêmes ouvriers

laminent à la fois les produits de deux fours à réchauffer; durée du travail, 116, 117. — *Dressage des fers, plaque à dresser*; travail des *dressers*, 118. — *Affranchissage des barres*; nécessité de cette opération; *déchet de cisaille*; emploi subséquent des rognures ou riblons, 118.

Produit des laminoirs. Produit d'un lami noir marchand en gros fers et en fers moyens; id. d'un petit lami noir à trois cylindres en petits fers, selon échantillons, 118, 119. — *Qualité du fer*. A part l'influence de la qualité des fontes, elle dépend des opérations que les fers ont subies; vices ou qualités du fer, selon ces diverses opérations; le fer fabriqué au marteau est toujours meilleur que celui que l'on fait au laminoir avec les mêmes matières; l'avantage de l'emploi des laminoirs consiste surtout dans la célérité de la fabrication et dans la parfaite égalité des barres d'un même échantillon, 119.

Matières employées par tonne de fer. Limites des consommations de fonte et de houille par tonne de fer; ces limites peuvent varier selon la nature des matières employées, 119, 120.

Classement des fers en numéros 0, 1, 2, 3, sous le rapport de leur qualité; classement des fers sous le rapport des dimensions; fers grosse forge; fers petite forge en deux classes; fers martinets (par analogie avec les fers martelés), en trois classes, 120.

SECTION V.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE SUR L'ENTRETIEN, LES FRAIS DE FABRICATION ET L'ORGANISATION DES FORGES A L'ANGLAISE.

Observation sur les données réunies dans cette section, 121.

ENTRETIEN DU MATÉRIEL.

Fineries. Parties sur lesquelles porte principalement la destruction; usé en moulages, tuyères et briques par tonne de fin métal, 121. — *Fours à puddler et à réchauffer*. Quantité de brique réfractaire par tonne de

fer fini; époque du renouvellement des voûtes et ponts de chauffe, et de la reconstruction à neuf de l'intérieur des fours; usé en moulages; quantité de quartz par tonne de fer fini pour le cas de soles en sable, 122. — *Marteau, dégrossisseurs et cisailles*. Consommation en moulage par tonne de fer dégrossi, 122. — *Cylindres finisseurs*. Usé en moulage par tonne de fer fini, 122. — *Ma-*

chines. Usé en moulage par tonne de fer fini ; graissage, et quantités d'huile ou de suif par tonne de fer fini, 122.

FRAIS DE FABRICATION.

Observation générale sur les données de cet article, 123. — *Combustible pour les machines.* Distribution de la force motrice dans l'usine de Terre-Noire ; quantités de houille brûlée par chaque machine et par tonne du produit, 123. — *Fineries.* Tableau des frais et de leurs éléments par tonne de fin métal, 123. — *Puddledage et dégrossissage.* Tableau des frais et de leurs éléments par tonne de fer dégrossi, 124. — *Finissage.* Tableau des frais et de leurs éléments par tonne de fer fini et livrable, 124, 125. — Observation relative à une diminution possible des frais de dégrossissage et de finissage pour une fabrication annuelle plus considérable, 125.

BASES D'ORGANISATION.

On se compte ordinairement que sur 270 à 280 jours de travail ; mode pour régler le nombre de foyers de toute espèce, la quantité de machines-outils et la force motrice ; limites des déchets et proportions des produits

des fineries et fours à puddler, sur lesquelles il faut se baser ; quantité de fours à puddler de rechange qu'il faut avoir, selon l'importance de la fabrication ; nombre de fours à réchauffer ; quantité de fers à puddler que peuvent desservir un marteau singulier et un laminoir dégrossisseur, ou un laminoir dégrossisseur sans marteau, ou enfin un marteau seul ; nombre de cisailles nécessaire ; produit des laminoirs sur lequel on peut se baser ; nombre de laminoirs nécessaires pour le finissage du fer marchand relativement au nombre de fours à puddler, et aux échantillons des fers ; produit d'un laminoir à tôle, et fours qu'il exige ; nombre de jeux de laminoirs à deux ou trois cylindres nécessaires pour fabriquer tous les échantillons usuels, 125, 126, 127. — *Force motrice.* Observation générale sur la manière de l'évaluer ; force motrice nécessaire pour les fineries par chaque tuyère à alimenter ; force motrice pour une usine complète (non compris les fineries) employée dans diverses localités, et rapportée à une tonne de fer fini, 127, 128. — Tableau de la répartition de la force motrice à l'usine de Terre-Noire ; observation sur ce tableau, 128, 129.

SECTION VI.

FABRICATION DU FER PAR PROCÉDÉS MIXTES.

Énumération des trois méthodes mixtes principales, 129.

MÉTHODE GALLOISE.

Définition de cette méthode ; sa division en trois opérations, 129, 130. — *Finage.* Il s'exécute au coke dans une petite finerie à une seule tuyère ; dimensions et construction du creuset ; inclinaison variable de la tuyère ; charge à chaque opération et produit en fin métal ; durée du finage ; consommation en coke ; conduite du travail ; nature des fontes soumises à ce traitement ; quantité d'air nécessaire, 130. — *Affinage au charbon de bois.* Il s'exécute dans un foyer semblable aux affineries françaises ; dimensions du creu-

set ; position de la tuyère ; conduite du travail ; sa durée ; forgeage des lopins ; poids et vitesse du marteau ; consommation en charbon ; état du fer après cet affinage, 130, 131. — *Soudage et étirage.* Leur but ; description du four de soudage ; détails de sa construction ; introduction du coke dans le foyer ; chauffés dans lesquelles le fer reçoit une première chauffe ; conduite du travail ; qualités du fer ainsi fabriqué, 131, 132, 133. — Consommation en fonte et déchets dans ce procédé ; consommation en coke pour le soudage ; consommation totale en coke et en charbon de bois ; on fait marcher simultanément deux fineries et deux foyers d'affinage ; il faut deux fours de soudage et un second

marteau pour l'étirage; poids et vitesse de ce deuxième marteau; quantité de fer en barres que peut produire une usine ainsi composée, 133. — Ce procédé est susceptible d'être employé avec avantage pour la fabrication des fers ordinaires, 133.

MÉTHODE ALÉSIENNE.

Définition de cette méthode; modification apportée à ce procédé peu après son origine, et motifs de cette modification; composition de l'usine de Ribacik, où ce procédé est en usage; dimensions des fours à réverbère qui servent à faire rougir la fonte; dimensions des feux d'affinerie; poids et vitesse des marteaux; four à réchauffer, 133, 134. — Description du travail dans cette méthode; consommation et déchets en fonte; consommation en combustible; comparaison des consommations par ce procédé avec celles par l'ancienne méthode, 134, 135. — Nombre d'ouvriers pour chaque fourneau à réverbère et pour chaque feu d'affinerie; fabrication annuelle de fer en barres comparée à celle par les anciens procédés, 135. — Les avantages de cette méthode sont supérieurs à ses inconvénients; observation sur l'économie qu'il y aurait à mazer la fonte préalablement, 135, 136.

MÉTHODE CHAMPENOISE.

But qu'on s'est proposé dans cette méthode; moyens employés pour y parvenir; nature des fontes que l'on y traite; pour le puddlage on s'y sert généralement de fours à deux soles, 136. — Marteau employé pour le cinglage; son poids; avantages du marteau à ordon en fonte, à panne plate, 136. — Chaufferies employées; leurs dimensions; leurs dispositions; description du chauffage du fer dans les deux espèces de chaufferies, 136, 137. — Puddlage de la fonte dans un bain de scories riches; charge des fours; durée d'une opération; rendement en lopins cinglés, et déchet; consommation de houille, 137. — Dimensions des lopins, réchauffage et étirage; il faut une chaufferie pour chaque four à puddler; quantité de fer fabriquée; déchet à l'étirage, 137; avantages locaux de ce procédé; qualité du fer obtenu; précautions à employer pour l'améliorer; consommation en fonte avec ou sans ces précautions; consommation de houille aux chaufferies, 137, 138. — Dans quelques usines on n'a adopté ou conservé du procédé champenois que le puddlage; consommation de charbon dans ce cas pour le réchauffage et pour l'étirage; il est probable que le coke, celui surtout fabriqué à l'air libre, serait employé avantageusement pour le réchauffage, 138.

SECTION VII.

AFFINAGE DE LA FERRAILLE.

Considérations générales sur ce genre de travail, 139. — Description des deux procédés employés pour affiner la ferraille; dimensions du foyer nécessaire pour le second procédé; diverses périodes du travail dans le second procédé; déchet; quantité de ferraille traitée à la fois; combustible consommé, 139, 140, 141. — Traitement de la ferraille seule au réverbère; le nettoyage préalable de la ferraille est aujourd'hui peu en usage; composition et dimensions des fa-

gots ou paquets; fours employés pour le travail, et conditions auxquelles ils doivent satisfaire; description du travail, 141, 142, 143. — *Déchets et consommations.* Proportions de ces déchets suivant les diverses natures de ferraille employée; qualité du fer obtenu, 143, 144. — *Produits manuels des fours,* 144. — *Travail au coke.* Fours employés pour ce travail; description du travail; déchet total pour les deux chaudes, et quantité de combustible consommé, 144.

SECTION VIII.

FABRICATION DE LA TÔLE.

Division des tôles en minces, moyennes et fortes; idleries ou batteries; l'imperfection du genre de travail en usage dans ces usines l'a fait abandonner; description sommaire du travail aujourd'hui en usage, 145.

DES FOURNS.

Ils sont de deux espèces: *fours à réverbère* et *fours dormans*. Les fours à réverbère se divisent en *fours à chauffer* et *fours à réchauffer* et *recuire*. But que l'on se propose dans ces derniers fours; rapport convenable entre la section de la grille et celle de la cheminée; rapport entre la surface de la sole et celle de la grille; dimensions relatives de la sole, et sa disposition; ligoes de chenets que l'on doit y ménager; dispositions convenables pour l'échappement de la flamme; hauteur à donner au pont de chauffe, selon la nature du combustible employé, 146, 147, 148. — *Fours dormans*. Description générale; inconvénient grave de ce genre de fours; on doit leur préférer les fours à réverbère, 148, 149.

DES LAMINOIRS.

Laminoirs à cages. Dimensions des vis de pression; dimensions des montans de cages, 149. — *Laminoirs à coins*, 149; 150. — *Laminoirs à colonnes*. Avantages et inconvénients de l'emploi des colonnes, 150. — *Nombre de laminoirs*. Il est avantageux d'avoir deux équipages placés sur deux lignes parallèles, 151. — *Basculés*. Leur but; bascules en dessous et bascules en dessus; leurs avantages et leurs inconvénients, 151.

— *Chevalets, gardes*, 152. — *Qualités des cylindres*. Coulée en coquille. Dimensions des cylindres; dimensions des tourillons, 152, 153. — *Vitesse des cylindres*; force motrice nécessaire; communication du mouvement, 153.

DES OUTILS. — CONDUITE DU TRAVAIL.

Choix du fer, 154. — *Préparation du fer*. Relation entre l'épaisseur et la largeur du fer, selon la nature de tôle que l'on veut fabriquer; *maquette*, *bidon*, *larget* ou *languette*, 154, 155. — *Ouvriers nécessaires*; *lamineur*, *aide-lamineur* et *releveurs*, 155. — *Chargement et chauffage des fours*. Etat auquel doit être le four lors du chargement; précautions à observer dans le chauffage, 155, 156. — *Laminage*. Description du travail au laminoir préparateur; manière de terminer le travail au laminoir préparateur pour la fabrication de la tôle mince; *doublons*; *arbut*; quantité de doublons que l'on doit charger à la fois; chauffage des doublons; leur passage au foiseur; *semelle*; chauffage des semelles; leur réunion en *trousses*; passage des trousses; nombre de chaudes pour la fabrication des tôles minces, 156, 157. — *Mode de travail dans le cas où on ne fait pas de doublons*; laminage des tôles fortes; projection de poussier de charbon pour empêcher l'oxidation; nécessité de bien régler la pression, 158. — *Cisaillage de la tôle*; *recuit de la tôle*. Il est nécessaire pour obvier à l'érouissage, 158, 159. — *Consommations, déchets et rebuts*. Déchet moyen, 159. — *Produit mensuel des laminoirs*; *qualités et défauts des tôles*; *dimensions des tôles*; *emploi des rognures*, 160.

SECTION IX.

FABRICATION DES CERCLES ET RUBANS.

Division en *cercles* ou *feuillards*, *mirubans* et *rubans*. Qualité de fer à employer

pour cette fabrication, 160, 161. — *Des laminoirs à cercle et à rubans*. Qualités des cy-

liodres; description d'un appareil pour élever la couche d'oxide; *dimensions des cylindres; leur vitesse; position des laminoirs*, 161, 162, 163. — *Conduite du travail*.

Dimensions des bidons, et espèces de fer employées; chauffage des bidons et leur passage au laminoir; précautions à observer, 164. — *Déchets et consommations; bottelage*, 164.

SECTION X.

DES FENDERIES.

Pour convertir le fer en triangles ou verges, on emploie les *espartards* et les *fenderies* ou *découpoirs*, 164, 165.

DES FOURNS.

Fours dormans; fours à réverbère. Dimensions de la sole dans ces derniers; conditions de tirage et moyens employés pour y satisfaire; boteur de la voûte; position de la cheminée; disposition des issues, 165, 166, 167. — *Position et dimensions de la grille; section de carneaux et dimensions de cheminée; position des fours; nombre et capacité des fours*, 167, 168.

DES MACHINES.

Espartards. Leur diamètre et leur table; leur position; leur vitesse, 168, 169. — *Fenderies* ou *découpoirs*. La *trousse* est formée de *taillans*, de *fausses-rondelles*, de *rondelles*, de *fourchettes* ou *vergettes* et d'*entre-deux*. *Rondelle mobile* ou *garde*. Disposition relative des trouses; conditions aux-

quelles doivent satisfaire les *taillans*; travail à *taillans battans* ou *libres*; ses inconvénients, 169, 170. — *Dimensions et nombre des taillans*. Tableau des nombres de *taillans* et *entre-deux* employés pour les verges de différentes dimensions; *vitesse des taillans*; communication de mouvement, 170, 171.

TRAVAIL DE FENDERIE OU FABRICATION DES VERGES.

Choix et dimensions du fer. Selon que l'on veut fabriquer des verges *douces*, *métis* ou *cassantes*; longueur des bidons, 171, 172. — *Chargement et chauffage des fours*. Quantité de la charge dans les fours à réverbère et dans les fours dormans; conduite et durée du chauffage, 172, 173. — *Esparage et fendage*. Rôles des divers ouvriers dans ce travail; durée du travail pour les charges de deux fours, 173. — *Bottelage, rebattage, consommations et déchets; produits d'une fenderie; nombre d'ouvriers nécessaires*, 173, 174.

SECTION XI.

DES ÉTATS ET NOTES DE ROULEMENT A TENIR DANS LES FORGES.

Nécessité de consigner avec détail, au moyen des écritures, la trace de tout ce qui se fait; notes à tenir, 175. — *États de roulement*. État journalier et état mensuel; indications qu'ils doivent renfermer; tableau modèle d'un état mensuel de roulement d'une forge à l'allemande avec addition de *martinets* et *laminoirs*, 175, 176, 177. — Tableau modèle de l'état de roulement des *martinets*, 176, 177. — Tableau modèle de l'état de roulement des *laminoirs*, 178, 179. — Tableau modèle de l'état mensuel de roulement

des *fierres* dans une forge anglaise, 178, 179. — Tableau modèle de l'état de roulement du *pudlage*, 180, 181. — Tableau modèle de l'état de roulement du *laminage*, 182, 183. — Tableau modèle de la consommation de combustibles, 182, 183. — Tableau modèle des dépenses générales de l'usine, 184, 185. — Observations et réflexions sur ces divers tableaux, 175 à 184. — *Journal de roulement*. Son but; avantages de ce travail, 184, 185.

SECTION XII.

MODIFICATIONS DANS LA DISPOSITION ET DANS LE TRAVAIL DES AFFINERIES
ET DES CHAUFFERIES.

Historique des essais tentés depuis quelques années dans le but d'obtenir une économie de combustible, et des modifications successives amenées par les essais, 185, 186.

AFFINERIES A RÉVERBÈRE.

Description des nouveaux foyers d'affinerie avec four à réverbère employés à Audincourt et dans d'autres localités, où la fonte à affiner est employée froide, 187. — Description des foyers d'affinerie avec four à réverbère additionnel employés à Schaffouse et dans d'autres usines, sur les rives du Rhin, et applicables au travail à la champeoise, c'est-à-dire si la fonte doit être préalablement échauffée; dispositions diverses employées pour chauffer l'air dans ces appareils; mode de détermination des dimensions des tuyaux de chauffage de l'air; la même disposition d'affinerie à réverbère peut s'appliquer au travail à l'air froid, en supprimant les tuyaux de chauffage; lorsqu'on veut travailler en n'employant que le vent chaud, il faut rétrécir le creuset, 187, 188, 189.

CHAUFFERIES A RÉVERBÈRE.

Leur disposition est la même que celle des affineries à réverbère; on les dispose pour travailler à l'air froid ou à l'air chaud; frais d'établissement d'une affinerie ou d'une chaufferie à réverbère, 189.

AFFINAGE PERFECTIONNÉ.

Principales modifications introduites dans l'affinage; description du chauffage préalable; description du chauffage économique dans les nouveaux foyers de la loupe, de la pièce et des grosses barres, 189, 190.

EMPLOI DE L'AIR CHAUD DANS LES AFFINERIES
ET DANS LES FINDERIES OU MAZIERIES.

Considérations générales; avantages certains de ce procédé; résultats comparatifs obtenus à l'usine de Laufen en travaillant, 1°. à l'air froid; 2°. à l'air chaud; résultats obtenus à Königsbrunn et dans d'autres localités; tableau relatif à ces résultats, 191, 192, 193. — Emploi de l'air chaud pendant toute la durée de l'affinage, ou seulement pendant une période du travail; il pourrait être utile de faire varier la température de l'air dans les diverses périodes de l'affinage; observations de M. Karsten à ce sujet; difficultés et incertitudes de ce procédé, 193. — Résultats généraux du travail fait entièrement à l'air chaud; nécessité dans ce cas de l'addition d'une plus grande quantité de scories riches, 194. — *Emploi de l'air chaud dans les fineries*, 194.

EMPLOI DU BOIS TORRÉFIÉ DANS LES AFFINERIES
ET DE LA HOUILLE DANS LES MAZIERIES.

Essais heureux de M. Loreet pour l'emploi du charbon roux faits à l'usine de Senne (Ardenne); description de l'appareil de torréfaction; quantité de caisses qu'il convient d'établir pour une affinerie; charge des fours et conduite de l'opération de la torréfaction, 194, 195. — Avantages et économies obtenus dans l'affinage par ce procédé; probabilité du rôle joué par l'hydrogène du nouveau charbon, 195, 196. — *Emploi de la houille dans les fineries*. Résultats des essais suivis faits au Creuzot et à Decazeville; essai à tenter sur l'emploi de l'air chaud, seulement pendant la première période de l'opération, 196.

MÉTALLURGIE PRATIQUE DU FER.

DEUXIÈME PARTIE.
FABRICATION DU FER.

DESCRIPTION DES PLANCHES.

AVERTISSEMENT.

Dans toutes les Planches, les cotes sont indiquées en mètres et millimètres. Les nombres à deux ou trois chiffres, tels, par exemple, que 45, 350, indiquent toujours des millimètres; les nombres de plus de trois chiffres renfermant la lettre *m*, tels que 3^m250, 11^m400, indiquent une certaine quantité de mètres et millimètres; enfin, les cotes qui ne se composent que d'un nombre entier de mètres sont indiquées par un ou plusieurs chiffres suivis de la lettre *m*.

En tête de chaque description, on a indiqué le rapport qui existe entre la grandeur des figures et celle des objets qu'elles représentent; ce qui donne la facilité de trouver les dimensions, en faisant usage de mesures quelconques, et sans avoir besoin de tables de réduction.

MÉTALLURGIE PRATIQUE

DU FER.

DEUXIÈME PARTIE.

DESCRIPTION DES PLANCHES.

PLANCHE 4^{re}.

Fig. 1 et 2. — Disposition générale de la forge catalane de Ria (Pyrénées-Orientales); échelle des $\frac{1}{1000}$ de la grandeur réelle.

L'usine de Ria renferme une forge catalane complète, d'une disposition commode et bien appropriée au genre de travail qu'exige la production directe du fer forgé. Ses artifices ou machines sont mis en jeu par l'eau d'un canal de dérivation, arrivant à environ 4 mètres au-dessus du sol de l'usine, et donnant une chute de 6^m65 pour la roue hydraulique, de 8^m pour les trompes ou machines soufflantes.

La *fig. 1* présente le plan du bâtiment et des dispositions intérieures de la forge; la *fig. 2*, une coupe de ce bâtiment suivant la ligne 1, 2 du plan, avec une élévation du marteau, de la roue hydraulique et du réservoir d'eau supérieur.

T, *fig. 1*. Cuve ou tonne des trompes dans laquelle se rassemble l'air fourni par ces machines; il entre par les *arbres* ou tuyaux *a*, *a*, et sort par le tuyau *b* pour se rendre au foyer.

F. Foyer dont l'axe ou milieu *mn* est dans le même plan vertical que l'axe du tuyau *b*. C'est dans ce foyer que s'opère la réduction du minerai et sa conversion en fer malléable. Il est placé dans l'angle du bâtiment le plus voisin des trompes, et séparé d'elles par une esge en maçonnerie *G*, réservée pour leur manœuvre, pour l'arrangement des conduits d'air et du foyer.

E, E, *fig. 1* et 2. Cases dans lesquelles on met le charbon de bois. Chaque case en contient la quantité nécessaire pour une opération ou un feu.

A, *fig. 1*. Arbre de la roue hydraulique qui met le marteau en mouvement.

R, *fig. 1* et 2. Roue hydraulique à aubes planes. Elle a 3^m30 de diamètre extérieur, et les aubes forment une surface carrée ayant 0^m32 de côté.

C, C, *fig. 1* et 2. Tuyau carré vertical,

amenant l'eau du réservoir O sur les aubes de la roue. Ce canal forme, à partir de la hauteur de l'axe de la roue, un coursier circulaire qui emboîte les aubes jusqu'au point le plus bas. L'eau arrive sur les palettes avec toute la vitesse due à la hauteur du niveau supérieur, échoque les aubes avec force, et agit ensuite par son poids dans la partie courbe du coursier. Cette roue peut faire de vingt-quatre à trente tours par minute, et c'est le maximum de vitesse qu'exige la malleation des échantillons de fer que l'on fabrique à Ria.

B, *fig. 1*. Bague en fonte, calée solidement sur l'arbre de la roue, et portant quatre caues en fer forgé qui tour à tour impriment le mouvement au manège du marteau.

N, N. Ordon ou charpente qui supporte le marteau.

M. Marteau frappant sur une enclume du même métal, et sous lequel on étire en barres le fer obtenu dans le foyer.

P, P, *fig. 1* et 2. Piliers en briques portant la charpente sur laquelle est établi le réservoir O. Cette charpente se compose de traverses I, I, et de longrines KL, sur lesquelles sont placées les solives qui soutiennent le fond du réservoir.

D, *fig. 1*. Canal de fuite pour l'eau qui a agi sur la roue.

H. Passage conduisant à la charbonnière, ou halle à charbon.

Foyers de forges catalanes.

Les *fig. 3, 4, 5* et 6 représentent le foyer ou fourneau de la forge de Ria, à l'échelle de $\frac{1}{100}$. Sa disposition d'ensemble, et par rapport aux murs contre lesquels il s'appuie, est à peu près celle que l'on suit pour tous les foyers de cette espèce; mais sa construction, très simple

d'ailleurs, et ses dimensions, diffèrent à quelques égards de celles des foyers catalans proprement dits. (Voir le texte.)

Fig. 3. Plan du foyer. — *Fig. 4*. Coupe longitudinale suivant la ligne 1, 2 du plan. — *Fig. 5*. Élévation du foyer par devant. — *Fig. 6*. Coupe transversale du foyer suivant la ligne 3, 4 du plan.

M, M. Mur contre lequel est adossé le foyer, et qui le sépare des trompes ou machines soufflantes. E, *fig. 4*. Embrasure réservée dans ce mur et projetée en AB, CD, *fig. 3*.

I, I. Petit mur s'appuyant contre le mur M et formant celui des côtés v, v, *fig. 3, 4* et 6 du foyer ou creuset, que l'on nomme *varme*. Dans ce mur est pratiquée une ouverture pyramidale T, *fig. 4* et 6, qu'on nomme *trou de tuyère*, et dans laquelle on place un tuyau conique en cuivre rouge, t, t, nommé *tuyère*, servant à introduire le vent dans le foyer. La partie inférieure de la *varme*, jusqu'au-dessous de la *tuyère*, est formée de pièces de fer m de 0^m12 à 0^m15 d'équarrissage.

c, *fig. 3* et 4. Côté du foyer opposé à la *tuyère* et que l'on nomme *contrevent*; il est également construit en pièces ou massiaux de fer m'm' superposés.

r, *fig. 3, 4* et 6. Côté postérieur du foyer, nommé *rustine*. Il est construit en grès réfractaires, maçonnés avec de la terre argileuse, et s'élève en inclinant légèrement jusqu'à la hauteur du mur de *varme*.

l, *fig. 3* et 6. Côté antérieur du foyer, nommé *laïterol*. Il est formé de fortes pierres de grès d, e, *fig. 3, 5, 6*, disposées en embrasure, et laissant entre elles, du côté de l'intérieur, une ouverture qu'on bouche lorsqu'on veut travailler, en y réservant un trou ou *chio* pour l'écoulement des *laitiers* et des *scories*.

f, *fig. 4* et 6. Sole ou fond du four-

neau placée au niveau du sol de l'usine et formée d'une seule pierre de grès réfractaire, de 0^m25 à 0^m30 d'épaisseur.

ab, fig. 3, 5 et 6. Plaque en fonte recouvrant le laitierol, et soutenue du côté extérieur par une barre de fer *g*, encastrée dans les pierres *d*, *e*.

n, *n*, fig. 5 et 6. Pièce en fer ou en fonte encastrée dans le mur de *varme*, au-dessus de la plaque *ab*, pour servir d'appui aux ringards dont se sert l'ouvrier pendant l'opération.

p, *p*, fig. 3 et 5. Lopin de fer placé vis-à-vis le contrevent pour le même usage que la pièce *n*.

N, *N*, fig. 3 à 6. Miraillement élevé entre la rustine et le mur qui lui est parallèle. Son épaisseur, mesurée dans ce sens, au-dessus du foyer, est d'environ 1^m, et il avance de 0^m30 en dehors du contrevent. Il sert à soutenir les matières dont on emplît et recouvre le foyer, pour en obtenir le fer.

F, *G*, fig. 3, 4 et 5. Plan incliné établi en dehors du contrevent, et rejoignant le sol de l'usine du côté du marreau. Il soutient le contrevent, et sert à porter les matières dans le foyer ou à les recevoir lorsqu'on retire du creuset le masset de fer qui s'y est formé.

H. Banc à l'usage des ouvriers.

Fourneaux ou foyers navarrais.

Les fig. 7, 8 et 9, planche première, représentent les bas foyers employés dans les forges des Basses-Pyrénées et de la Navarre espagnole, pour la production immédiate du fer forgé à l'échelle de ¹¹/₁₀₀₀.

On a désigné par les mêmes lettres les parties de ces fourneaux analogues à celles du foyer catalan précédemment décrit. La fig. 9 montre le plan du fourneau; la fig. 8 est une coupe suivant la

ligne 5, 6 du plan, ou par l'axe de la tuyère, et la fig. 7, une coupe transversale suivant la ligne 7, 8 du plan.

M, *M*. Mur qui sépare le foyer des trompes, et dans lequel sont pratiqués l'embrasure et le trou de tuyère.

f, fig. 7 et 8. Sole du creuset, formée d'une ou deux plaques de fer forgé de 6 à 8 centimètres d'épaisseur, ou encore d'une forte pierre de grès. Le dessus de la sole est de 0^m24 au-dessous du terrain de l'usine.

v, fig. 7, 8 et 9. *Varme* dont toute la partie au-dessous de la tuyère *t* est construite en pièces de fer.

r. Rustine formée de deux plaques de fonte de 5 centimètres d'épaisseur. Elle est placée à 1^m de distance du mur opposé, et l'espace *N*, qui ne s'élève pas plus haut qu'elle, forme un *détre* pour recevoir les matières pendant le travail.

c, fig. 8 et 9. *Contrevent* construit en bandes de fer plates, de 27 à 30 millimètres d'épaisseur, qui s'enfoncent le long de la sole, s'inclinent en dehors et forment une surface arrondie tournant sa concavité à la tuyère. Ces bandes portent extérieurement des crochets *h*, dans lesquels passe une barre de fer courbée pour maintenir les autres dans leur position. Un empierrement et de la terre garnissent le derrière du contrevent.

l, fig. 7 et 9. *Laitierol* formé par une plaque de fonte de 5 centimètres d'épaisseur, inclinée en avant, et dans laquelle est pratiquée un trou *o* pour l'écoulement des laitiers. Cette plaque est soutenue par de fortes pierres *d*, *e*, laissant entre elles une espèce d'embrasure.

g, *i*, *h*, fig. 7. *Cave* descendant de 0^m13 au-dessous de la sole, renfermée entre les joues *d*, *e* de l'embrasure du laitierol, et destinée à recevoir les laitiers.

a, *b*, fig. 7 et 9. Plaque en fonte re-

couvrant la plaque et l'embrasure du laitier, et sur laquelle l'ouvrier appuie ses ringards dans le travail.

Fig. 10, 11 et 12. Tuyère en cuivre rouge très pur, ayant la forme d'un demi-cône tronqué. La plus grande ouverture ou pavillon B est demi circulaire; la

plus petite, ou l'œil A, est circulaire, et son diamètre varie de 45 à 50 millimètres. *Fig. 10* est une coupe verticale de la tuyère; *fig. 11*, une coupe faite au-dessus du fond que l'on nomme le plat de la tuyère, et *fig. 12*, une vue du côté de l'œil.

PLANCHE 2.

Fig. 1 à 5. — Grande trompe de l'usine de Ria (Pyrénées-Orientales); échelle de $\frac{1}{100}$.

La *fig. 1* représente la trompe vue de face. L'un des arbres A, la tonne ou cuve T, ainsi que les tuyaux B, D, E, conduisant le vent jusqu'au foyer C, sont coupés pour faire voir le jeu de la machine.

Fig. 2. Plan de la partie supérieure de la trompe et du réservoir R qui l'alimente d'eau.

Fig. 3. Coupe verticale de la trompe et du réservoir suivant la ligne 1, 2 du plan.

Fig. 4. Plan de la tonne ou cuve vue en dessus.

Fig. 5. Coupe verticale de la cuve suivant la ligne 3, 4 du plan, *fig. 4*.

R, R, *fig. 1, 2 et 3.* Canal ou réservoir en maçonnerie, pour amener l'eau à la partie supérieure des trompes.

V. Vanne servant à donner ou arrêter l'eau à volonté. Cette vanne est manœuvrée au moyen d'un levier à contrepoids L, monté sur une traverse à tourillons que portent les montans M, et à l'extrémité duquel est adaptée une longue tige en fer qui descend dans l'intérieur de l'usine. Des arcs-boutans N maintiennent les montans dans la position verticale.

S, S, *fig. 2.* Barrage en forte planche, placé en aval de la vanne, et destiné à

maintenir les eaux à une hauteur constante de 22 centimètres dans la partie supérieure du canal. Ce barrage est soutenu par deux piquets Q, *fig. 2 et 3*, s'appuyant contre un fort madrier P, P, formant passage.

F, F, *fig. 2 et 3.* Conduits horizontaux en planches, dont le fond est au même niveau que celui du réservoir, et servant à amener l'eau dans les arbres.

A, A, *fig. 1 et 3.* Arbres en sapin. Chacun d'eux est composé de deux parties dans le sens de la longueur, réunies et fortement serrées au moyen de huit frettes en fer feuillard. Ces deux parties sont creusées de manière à présenter, après leur réunion, deux portions de cônes tronqués; l'une G formant une espèce d'entonnoir vers le haut de l'arbre, l'autre K formant tout le reste de la capacité intérieure de l'arbre au-dessous de l'entonnoir, et ayant également sa plus petite ouverture en bas.

e, e, *fig. 1, 2 et 3.* Plus petite section de l'entonnoir, que l'on nomme étranguillon, parce qu'elle sert à resserrer la veine fluide qui descend dans l'arbre. Son diamètre est de 16 centimètres, et sa distance, au-dessous du fond des conduits F, de 65 centimètres.

a, a, *fig. 1 et 3.* Ouvertures obliques,

au nombre de quatre, dont la surface supérieure aboutit au-dessous de l'étranguillon; elles servent à l'introduction de l'air dans l'arbre, et portent le nom d'*aspirateurs*.

K, *fig. 1* et 3. Corps de l'arbre, dont la capacité conique intérieure a 26 centimètres de diamètre au-dessous de l'étranguillon, et 20 centimètres à la base.

a', *fig. 1*. Aspirateur unique placé vers la moitié de la longueur totale de l'arbre.

T, *fig. 1*, 4 et 5. Tonne ou cuve de la trompe, dans le couvercle de laquelle s'emboîtent exactement les bouts inférieurs des deux arbres A, A.

t, *fig. 1* et 5. *Tablier* placé sous les deux arbres et soutenu vers les deux tiers de la hauteur de la tonne, par deux taquets et un support droit s. C'est sur ce tablier que l'eau vient se briser au sortir des arbres, pour abandonner ensuite l'air qu'elle entraîne dans son mouvement.

c, e. Niveau de l'eau dont la hauteur varie dans la cuve suivant le degré de pression qu'exerce l'air qui y est renfermé.

f, f, *fig. 1*, 4 et 5. Tuyau recourbé construit en planches, dont l'orifice extérieur est de 64 centimètres au-dessus de l'orifice intérieur. C'est par ce tuyau qu'en vertu de la pression de l'air sur la surface c, c, l'eau s'écoule, et s'échappe ensuite par la voûte X pratiquée sous le sol de l'usine.

B, *fig. 1*, 4 et 5. Tuyau que l'on nomme *homme* ou *sentinelle*, donnant issue à l'air comprimé dans la tonne.

D, *fig. 1*. Bout de tuyau adapté à l'extrémité supérieure du précédent, et que l'on nomme *burle*.

E. Bout de conduite en cuir, nommée *bourec*. Elle est fixée sur le burle par un collier à vis, et s'adapte de l'autre bout à

une buse en tôle b, que l'on nomme *cannon de bourec*.

d. Tuyau conique en cuivre rouge, que l'on nomme *tuyère*. Ce tuyau est logé dans la paroi du foyer c, que l'on nomme *varme*, reçoit la buse, et sert à donner une direction convenable au vent lancé dans le foyer.

H, *fig. 4* et 5. Tampon couvrant une ouverture ou trou d'homme, qui permet de descendre dans la tonne. Ce tampon est tenu fermé au moyen d'une traverse I et de coins engagés sous des étriers en fer fixés au couvercle.

Fig. 6 à 9. Détails sur échelle double (aux $\frac{1}{16}$) de la tête d'un arbre, indiquant l'entonnoir, l'étranguillon et les aspirateurs supérieurs (fig. 6 et 7), et de la partie d'arbre portant l'aspirateur a', fig. 8 et 9.

Fig. 10. Élévation de la vanne V et coupe des conduits F, F en avant des montans. V', fig. 11. Coupe de la vanne vue par côté.

Fig. 12, 13 et 14. Disposition de la tonne de la petite trompe des forges de Ria, analogue à celle qui est communément employée dans les Alpes (échelle de $\frac{1}{16}$).

Les arbres, la tonne et le tablier sont disposés comme dans la grande trompe; l'homme, ou sentinelle B, est un tuyau en fer-blanc de 0^m10 de diamètre. L'eau sort de la tonne par une ouverture rectangulaire a, d, *fig. 13*, et ponctuée en a, b, c, d, *fig. 12*; mais au lieu d'un tuyau de débordement, on a placé devant l'ouverture une espèce de caisse découverte, et l'eau s'échappe par-dessus le côté DD.

Le fond de cette caisse prolonge au dehors le fond de la tonne. Les côtés ou jones C, C sont fixés aux douves, et portent à leur partie antérieure une rainure verticale dans laquelle s'engagent les

planches D, D qui ferment le devant. Par cette disposition, on peut faire varier la hauteur de la colonne d'eau extérieure selon le besoin.

Fig. 15. Trompe à tonne sans fond, employée principalement dans le Dauphiné. La tonne T est entièrement ouverte par le bas, et pose sur des chantiers d, d scellés sur le fond d'une petite fosse revêtue de planches ou de maçonnerie. La hauteur des chantiers varie

de 0^m10 à 0^m20; celle de la fosse, ou plutôt de l'écoulement *f, f*, est déterminée de manière que la nappe *cc* soit distante de la nappe *ce* d'une quantité proportionnée au maximum de pression d'air dont on ait besoin. Cette nappe *cc* doit elle-même être élevée d'au moins 0^m10 au-dessus des chantiers, afin que dans ses oscillations l'air ne puisse s'échapper par le dessous de la tonne.

PLANCHE 3.

Marteau à cingler de la forge de Ria (Pyrénées-Orientales), à l'échelle de $\frac{1}{100}$ pour les ensembles, et de $\frac{4}{100}$ pour les détails.

Les dispositions des marteaux à cingler dans les forges catalanes ne diffèrent pas essentiellement entre elles, et sont en général simples et économiques, tout en offrant beaucoup de solidité. Sous ces divers rapports, le marteau de Ria peut être présenté comme un type, et on a cru devoir le choisir de préférence à ceux qui, par leurs dispositions et par leur construction, se rapprochent davantage des gros martinets des forges à l'allemande, que nous décrirons plus loin.

La *fig. 1* est un plan d'une partie de l'arbre de la roue hydraulique motrice, et du marteau avec son ordon ou charpent de support vus en dessus.

La *fig. 2* est une coupe longitudinale suivant la ligne 1, 2 du plan.

Fig. 3. Élévation latérale du marteau et de son ordon.

Fig. 4. Élévation antérieure suivant la ligne 3, 4 du plan, en supposant le manche du marteau enlevé.

Fig. 5. Coupe transversale passant par la ligne 5, 6 du plan, ou par l'axe de ro-

tation du marteau, en ne supposant en place que les seules parties de l'ordon.

A, A, *fig. 1, 2 et 4.* Arbre de la roue hydraulique, de 0^m58 d'équarrissage, et arrondi aux extrémités pour recevoir de fortes frettes en fer. Chacune d'elles porte un tourillon *t*, également en fer forgé et de 0^m09 de diamètre.

B, B. Rague en fonte solidement callée sur l'arbre, au moyen de coins de bois, et portant quatre cames C.

D, D, *fig. 1, 2 et 3.* Manche de marteau. Il est en bois de hêtre non équarri et seulement écorcé. Sa longueur totale est de 4^m45, et son diamètre moyen de 0^m38.

H, *fig. 1, 2 et 4.* Boque ou hurasse. C'est une espèce d'anneau en fonte, portant des tourillons, autour desquels s'exécute le mouvement du marteau. Il est placé à peu près au tiers de la longueur du manche du côté des cames, et fixé solidement au moyen de coins de fer *c, c'*, aplatis en forme de spatule et portant une tête recourbée. Le coin supérieur *c'*,

plus long que les autres, et maintenu par un erampou d dans lequel il glisse, sert à recaler au besoin la bogue, sans qu'il soit nécessaire de toucher aux autres coins.

La bogue, une fois fixée, doit être invariable dans sa position, c'est-à-dire n'avoir qu'un mouvement de rotation autour de son axe. Cette condition est remplie au moyen de diverses pièces de bois de chêne dont l'ensemble forme ce qu'on nomme l'ordon du marteau, composé ainsi qu'il suit :

M, M', *fig. 1 à 5.* Montans de l'ordon. Ce sont de fortes pièces de 0,40 d'épaisseur, sur 0,60 à 0,70 de largeur et 4^m environ de longueur. Elles sont placées verticalement dans une excavation de 3^m de profondeur au-dessous du sol de l'usine, et de manière que leurs faces intérieures soient parallèles à la ligne qui passe par le milieu des comes, et distantes de 0,76 de cette ligne. L'écartement des montans est maintenu en bas et un peu au-dessous du sol par des boulons *x, z, fig. 2 et 5*, de 0,05 d'équarrissage. L'intérieur et l'extérieur sont ensuite garnis d'un blocage en grosses pierres très serrées, portant sur les boulons inférieurs, et venant s'arraser un peu au-dessous des boulons supérieurs. Le tout est garni de terre bien damée, et couronné sur le pourtour extérieur de quartiers de roche qui achèvent de consolider la masse.

k, k. Crochets en fer de 65 millimètres d'équarrissage, encastrés de toute leur épaisseur dans les faces antérieures et postérieures des montans. Ils ont environ 2^m de longueur, forment à leur partie inférieure une équerre dont la petite branche, longue de 16 à 20 centimètres, se loge dans le montant, et sont arrêtés solidement par de forts crampons en fer.

N, N. Traverses mobiles placées sous

les crochets qui les arrêtent dans le sens vertical. Des entailles faites pour loger la tête des crochets arrêtent aussi ces pièces dans le sens horizontal. La traverse antérieure a trois échancrures : une au milieu pour le jeu du manche du marteau, et une de chaque côté pour recevoir des coins. La traverse postérieure n'a que les échancrures latérales et dans le même but.

L, L, *fig. 2, 4 et 5.* Semelles solidement établies entre les montans et sur des traverses L' noyées dans le blocage intérieur, *fig. 2.*

K', K'. Plateaux reposant sur les semelles, et dont l'épaisseur varie selon le besoin.

K, K. Plateaux qui reçoivent les crapaudines U qui portent les tourillons de la bogue.

K', K'. Plateaux superposés aux précédens. Entre ces pièces et les traverses N, ou chasse des coins G, de manière que la bogue ne puisse bouger dans le sens vertical.

O, O, *fig. 1 et 4.* Madriers appliqués contre les faces intérieures des montans.

P, P, *fig. 1 à 4.* Piquets taillés un peu en coins et que l'on enfonce entre les madriers O et les plateaux K, K', K'. Ce dernier système sert à placer le manche du marteau dans la direction voulue, et empêche tout mouvement latéral de la bogue.

La pression exercée sur les semelles suffit pour empêcher le mouvement dans le sens du manche.

W, *fig. 1, 2 et 3.* Marteau en fonte dont l'œil est traversé par le tenon du manche. Il est appuyé contre l'épaulement du tenon dont la coupe est verticale, et calé au moyen de clefs à talon *e, f*, et d'un coin *g*. Un autre coin *h*, s'appuyant contre une cheville en fer *i*, im-

plantée dans le manche, maintient le serrage opéré par le coin *g*.

Pour que le marteau ne puisse se décaler ou quitter sa position verticale en se portant en avant, une cheville *eo ferj*, de 5 centimètres de diamètre, traverse le tenon du manche, se loge dans une encoche cylindrique faite dans le marteau, et le presse contre l'épaule du tenon.

p, *fig. 2* et 3. *Panne* en fer forgé, assemblée à queue dans le bout du marteau.

E. *Enclume* également en fer forgé.

F, *fig. 2*. *Chabotte* en fonte dans laquelle est logée l'enclume, en l'entourant par trois côtés seulement. L'enclume fait saillie par derrière, et peut être ainsi facilement retirée au moyen d'une pince en fer.

F'. Gros bloc de pierre dure, creusée pour recevoir en totalité la chabotte, laquelle est fixée dans son logement par des cales en bois lardées de coins de fer et garnies de mastic de limaille de fer. Ce bloc repose lui-même sur un fond très solide, en sorte que le choc du marteau ne produit aucun ébranlement dans le terrain.

I, *I*, *fig. 1* et 2. Pièce de queue en chêne vert pour recevoir la pression des cames; elle est encastrée en talus dans le bout du manche, afin de ne pouvoir dévier latéralement.

a, *a*. *Bride* à crochets pour maintenir la pièce *I*, et dont les crochets sont retenus par une cheville *b* qui traverse le manche. Un clou, placé contre la bride du côté des cames, empêche la pièce de queue de reculer.

XX, *fig. 2*. *Plaque* en forte tôle, un peu bombée et reposant sur une grosse pierre *Y*. Cette plaque, choquée par le manche dans le jeu du marteau, agit

comme ressort, et le renvoie avec d'autant plus de force et de vitesse que l'action des cames est plus rapide.

Du côté du moteur, le tourillon de l'arbre *A* n'est supporté et n'a besoin de l'être que par une *emprise* ordinaire, aucun effort ne tendant à le soulever; mais du côté opposé, les cames ayant à vaincre la résistance du marteau, il ne suffit pas que le tourillon repose sur une emprise fixe, il faut encore l'empêcher de se soulever. A cet effet, après avoir fait, à partir du montant postérieur *M'*, *fig. 1* et 3, une excavation d'environ 2^m de profondeur sur 3^m50 de longueur dans le sens perpendiculaire à l'arbre, on y pose horizontalement une forte semelle de 3^m de longueur que l'on assemble à tenon avec le montant. Cette semelle porte une large et longue mortaise, dans laquelle s'assemble, par un tenon à queue d'hironde, une pièce oblique *T*, qu'on assujettit solidement en chassant un coin dans l'excédant du vide de la mortaise. Alors on charge la semelle, et on garnit la pièce *T* de grosses pierres que l'on arrase de niveau à 27 ou 30 centimètres au-dessous de l'axe de la roue.

A partir de ce niveau, le montant *M'* porte une large rainure verticale qui s'élève jusqu'à son sommet, et la pièce *T* est coupée en fourchette dans le prolongement des faces de la rainure. Le reste de la disposition se fait ainsi qu'il suit :

On place sur le fond de la rainure et de la fourchette la pièce qui sert d'emprise ou chevêt au tourillon *t*. Sur cette pièce, on en met une autre *S* qui recouvre le tourillon, puis une seconde *Q*, *fig. 1* et 3, séparée de la précédente par des cales qui lui laissent une certaine élasticité.

L, *o*, *fig. 1* et 3, sont des brides en fer fortement clouées sur les pièces *M'*

et T, et qui passent, l'une par-dessus la rainure, l'autre par-dessus la fourchette.

m, n. Coins chassés entre les brides et la pièce Q, de manière à l'assujettir solidement des deux bouts et à lui laisser une légère flexibilité.

Cet assemblage élastique retient le tourillon, prévient sa fracture, se démonte et se change avec facilité.

V. Petit bassin dans lequel baigne le tourillon t; l'autre est arrosé par l'eau que jette la roue.

u, fig. 7, 3 et 4. Chenée recevant un filet d'eau du réservoir supérieur et le versant dans le bassin V. Une petite traverse v reposant sur la traverse postérieure N et sur un pied en fer x, supporte cette chenée.

y, y. Autre chenée qui reçoit l'eau de la précédente et la verse sur chacun des tourillons de la bogue.

La fig. 2 représente en ponctué la roue hydraulique R et le canal Z par lequel arrive l'eau. Cette disposition et ce genre de construction très imparfaits sont suivis dans presque toutes les forges catalanes, et partout aussi les mêmes dimensions sont observées.

Fig. 6. Vue de face du marteau W, de sa panne en fer p assemblée à queue d'hironde et à coins. Coupe de l'enclume E en fer, et de la chabotte en fonte F. Le poids du marteau est d'environ 350 kil., celui de la chabotte d'environ 200.

Fig. 7. Coupe de la bague à cames B. Les cames C sont en fer et retenues dans leurs logements par des coins en bois de chêne r, lardées de coins de fer.

Fig. 8, B'. Élévation de la bague à cames, montrant les logements s des cames.

Fig. 9, C'. Came vue de face.

Fig. 10, H'. Élévation latérale de la bogue en fonte.

Fig. 11, H. Bogue vue de face; elle porte quatre tourillons diamétralement opposés deux à deux.

K, fig. 11 et 12. Partie de plateau dans laquelle est encastée une des crapaudines en fer U qui portent la bogue. Ces crapaudines sont calées par des coins de fer. Deux doubles équerres q, q encastées et clouées dans la pièce K, garnissent les bouts du logement des crapaudines, et servent d'épaulement aux coins.

PLANCHE 4.

Disposition générale d'une forge à l'allemande; échelle de $\frac{1}{1000}$.

Les usines de Jeand'heurs (Meuse) présentent, dans un même local, la réunion des moyens nécessaires à la fabrication des fers de gros et petits échantillons, et offrent un exemple des modifications à faire subir aux anciennes forges à l'allemande pour pouvoir y pratiquer la méthode mixte dite *champenoise*. On a donc cru devoir en retracer de préférence les dispositions, en combinant toutefois celles des deux ateliers

existants, pour faire disparaître les anciens soufflets généralement abandonnés, et leur substituer les soufflets à pistons employés dans l'un de ces ateliers.

L'affinage de la fonte, pour la convertir en fer, se fait dans des fours à réverbère placés sous un hangard contigu à la forge; les loupes ou balles de fer affiné sont traînées au marteau cingleur, sous lequel elles sont converties en pièces ou *massiots*; enfin, les pièces

sont rechauffées à la bouille dans des foyers que l'on nomme *chaufferies*, pour être étirées, soit sous le gros marteau, soit sous le martinet.

On n'a représenté ici que la forge proprement dite; on verra plus loin la disposition et la construction des foyers à réverbère.

Fig. 1. Coupe longitudinale de la halle ou bâtiment de la forge, faite suivant la ligne 1, 2 du plan, *fig. 2*, avec les élévations des diverses machines employées.

Fig. 2. Plan du bâtiment et des foyers, ainsi que des machines avec les roues hydrauliques qui les mettent en mouvement, vues en dessus.

Fig. 3. Coupe de la forge suivant la ligne 3, 4 du plan, faisant voir en élévation latérale la disposition du marteau à ordon M et de sa roue hydraulique.

Fig. 4. Coupe suivant la ligne 5, 6, donnant l'élévation latérale d'un foyer et de sa cheminée.

A, A, *fig. 2* et 4, foyers surmontés de leurs cheminées C, C, et dans lesquels sont établies des *chaufferies*. Les mêmes foyers peuvent recevoir des *affineries*, si l'on veut travailler à la méthode allemande.

B, B, *fig. 2*. Plaques en fonte placées devant le foyer, et de là dans la direction du marteau, pour y trainer les loupes ou les pièces. Lorsqu'on affine la fonte par la méthode allemande, une des plaques voisines du foyer sert de *refouloir*, c'est-à-dire qu'on y dépose la loupe au sortir du feu pour la refouler à coups de masse, afin d'en rapprocher les parties, et diminuer un peu son volume avant de la porter sous le marteau.

I, I. Ouvertures pratiquées dans le mur de la forge, près des foyers, pour jeter au-dehors les scories.

F, *fig. 2*. Réservoir ou bassin dans le-

quel les eaux sont rassemblées, pour être ensuite dirigées sur les roues hydrauliques. La chute ou différence entre le niveau des eaux dans le réservoir et celui des eaux inférieures est de 1^m60.

Du réservoir, les eaux sont dirigées, eu avant de chacune des roues hydrauliques, par des conduits en bois placés sous terre, et sont reçues, à l'extrémité de chaque conduit, dans une caisse ou huche découverte G, G', G'', plus élevée que le niveau des eaux supérieures de 35 à 40 centimètres. Ces caisses portent, du côté des roues, un orifice de même largeur que les aubages, et dont on règle la dépense par une vanne manœuvrée de l'intérieur au moyen d'un levier ou bascule.

R, *fig. 1*, 2 et 3. Roue hydraulique de l'ordon M; elle a 3^m40 de diamètre, et 1^m08 de largeur intérieure entre les couronnes qui encastrent les aubes. Celles-ci ont 50 centimètres de largeur.

M, *fig. 1*, 2 et 3. *Marteau étireur* sur ordon à drôme coupé, mis en mouvement par des cames montées sur l'arbre de la roue hydraulique. Cette dernière peut faire de 18 à 19 tons par minute; et comme il y a 5 cames, le nombre de coups de marteau peut être de 90 à 95 dans le même temps.

R', *fig. 1* et 2. Roue hydraulique mettant en mouvement le marteau cingleur M' et le martinet M'; elle a 3^m60 de diamètre extérieur, et 1^m08 de largeur entre les couronnes qui encastrent les aubes. Ces dernières sont planes, et ont 0,55 de largeur. La vitesse de la roue est de 17 à 18 tours par minute.

On voit, *fig. 1* et 3, le canal en bois E, E, qui amène l'eau sur la roue.

M'. *Marteau cingleur* pour battre les loupes au sortir des fours d'affinage, et former les *pièces*, auxquelles on donne

la forme d'un prisme quadrangulaire de 12 à 13 centimètres de côté sur 40 à 42 de longueur. Ce marteau peut frapper 80 à 90 coups par minute.

M', *Martinet* pour fabriquer les fers de petit échantillon. A chaque révolution de l'arbre qui porte la bague à cames, il frappe 16 coups, et peut ainsi frapper jusqu'à 288 coups par minute.

R', *fig. 1 et 2*. Rone hydraulique de la machine soufflante S : elle a 3^m10 de diamètre et 0^m65 de largeur ; les aubes sont planes et non encastrées entre des couronnes. On fait faire à cette rone de 9 à 10 tours par minute.

Son arbre porte une lanterne de 0^m68 de diamètre, mesuré sur la ligne de centre des fuseaux ; cette lanterne fait mouvoir un hérisson de 2^m de diamètre primitif, dont l'arbre transmet le mouvement à la machine soufflante.

S, *fig. 1 et 2*. Machine soufflante à deux vaisses en bois, dont les pistons font moyennement 6 levées par minute.

Les planches et descriptions suivantes donnent les détails des foyers, ainsi que des machines à percussion ; on trouvera dans la première partie ceux qui se rapportent à la machine soufflante.

PLANCHE 5.

Feu d'affinerie des forges de la Bonneville (Eure) ; échelle de $\frac{1}{10}$.

Fig. 1. Plan de l'affinerie.

Fig. 2. Coupe verticale suivant la ligne 1, 2 du plan.

Fig. 3. Élévation par-devant, parallèlement à la ligne 3, 4 du plan.

Fig. 4. Coupe verticale suivant cette même ligne 3, 4.

A, A, *fig. 1 à 4*. Aire ou âtre du foyer placé sous une vaste cheminée soutenue sur le devant par des piliers en fonte D, D, placés parallèlement au mur M, M, de la forge, et reposant par derrière sur une maçonnerie C, C, élevée contre ce mur, qui sert ordinairement de base, mais sur lequel on ne s'est pas appuyé ici, pour que le foyer occupe moins d'espace dans l'intérieur de la forge.

H, H. Forte plaque de fonte placée sur les deux piliers ; H', H', plaques semblables s'appuyant d'un bout sur la pièce H, et de l'autre sur le mur C, C. Ces plaques, que l'on nomme *mardres*, forment un cadre rectangulaire solide,

sur lequel est élevée la cheminée I. Cette dernière est construite en briques, et a environ 10^m de hauteur à partir des mardres ; sa section intérieure, au sommet, est un carré d'environ 0^m80 de côté.

K, K, *fig. 2 et 3*. Manteau ou petit mur brique sur le devant de la cheminée, vis-à-vis le foyer, pour préserver les ouvriers de l'action de la chaleur, et renfermer dans la cheminée les vapeurs, ainsi que la fumée et les étincelles ; il est construit sur deux bandes de fer portées d'un côté par le tasseur du pilier, et de l'autre par un étrier en fer suspendu à la marâtre.

N. Oëillard ou ouverture réservée dans le mur de fond C, C, pour introduire dans le foyer les gueuses ou pièces de fonte à affiner.

F, *fig. 1, 2 et 4*. Ouvrage ou creuset de l'affinerie représenté en plan et en coupes ; il est formé de cinq plaques de fonte ou *taques*, nommées et placées comme suit :

f, *fig.* 2 et 4. *Fond* ou *sole* du creuset entouré par les autres plaques, excepté celle qui ferme le devant.

v, *fig.* 1, 2 et 4. *Varme* portant une tablette ou console *u*, *u*, sur laquelle repose la tuyère *t*.

r. *Rustine* ou *haire* formant la face de derrière; *c*, *contrevent* opposé à la varme.

l, *fig.* 2 et 3. *Laiterol* ou *chio* fermant le devant du creuset; cette plaque porte une échancrure *o* à sa base, et un peu au-dessus deux trous *o'*, *o'*, de 3 centimètres de diamètre. Ces orifices se nomment aussi *chios*, et sont destinés à donner écoulement aux laitiers.

Le laitier et la rustine sont placés verticalement; le fond incline d'environ 3 centimètres vers le contrevent, et très légèrement vers le laitierol; la varme incline à peu près de 5 centimètres à l'intérieur du creuset; enfin, le contrevent a une pente vers l'extérieur d'à peu près 3 centimètres sur la profondeur du creuset: en sorte que ce dernier est un peu évasé de ce côté. Toutes ces plaques ont 5 à 6 centimètres d'épaisseur.

d, *c*, *fig.* 2 et 3. Plaques enfoncées eu terre et appuyées contre le laitierol, qu'elles maintiennent dans sa position; elles servent en même temps à porter la plaque de devant *a*, *b*, qui sert d'appui aux outils.

m, *fig.* 1 et 4. Fourchette en fer plantée dans cette plaque, et entre les fourchons de laquelle on dégrasse les ringards qui ont été plongés dans le creuset et en ont rapporté du fer fondu.

g, *g*. Fiches en fer pour empêcher la plaque *a*, *b* de reculer.

La rustine et le contrevent sont calés solidement avec des pierres ou des morceaux de fonte, et garnis des terres et fraïsil qui forment l'âtre du foyer.

La varme étant en place, on pose dessus deux pièces en fonte à double épaulement *n*, *n*, *fig.* 1 à 4, 12 et 13, que l'on nomme *murettes*, et on maintient le tout par une maçonnerie en briques *C'*, *C'*, formant une embrasure *E*, que l'on élève à hauteur convenable pour avoir facile accès à la tuyère *t*.

p, *fig.* 1 à 4. *Contrecœur* placé verticalement et reposant sur les épaulements supérieurs des murettes.

p', *p'*, *fig.* 4. Plaque de recouvrement de l'embrasure de tuyère, contre laquelle s'appuie le contrecœur; sur cette plaque *p'* on continue à élever le briquetage *C'*, plein jusqu'au-dessous de la marâtre.

U, *U*, *fig.* 1, 3 et 4. Plaques de fonte entourant l'âtre, et retenant la terre et le fraïsil dont il est formé.

k, *fig.* 1 et 4. Plaque posée près du contrevent, et sur laquelle on verse le charbon; elle repose elle-même sur d'autres pièces de fonte enterrées dans l'âtre.

h, *fig.* 1 et 3. Espèce de *eaisse* à trois côtés, dont l'antérieur est un peu échancré, et servant au même usage que la plaque *k*.

q, *q*, *fig.* 1 et 2. Plaques de fonte garnissant le devant du foyer, et formant une trainée jusqu'au resouloir et au marteau.

B, *B*, *fig.* 1, 3 et 4. Bâche en fonte pour rafraîchir les outils qui ont servi au travail de l'affinage; *S*, pièce de fonte ou du fer sur laquelle ils reposent.

T, *fig.* 1 et 3. Barre d'appui à double crochet, fixée au pilier de fonte, pour recevoir les tenailles.

t, *fig.* 1, 2 et 4. *Tuyère* en cuivre rouge; on lui donne l'inclinaison nécessaire en penchant plus ou moins la varme vers l'intérieur du creuset. Lorsque la tuyère est placée convenablement, ou la

cale solidement avec des coins, et on la garnit d'un petit briquetage affleurant la plaque de contrecœur.

t', t', fig. 3 et 4. Tuyaux en fer-blanc pour amener le vent de la machine soufflante à l'affinerie. Une partie de ces tuyaux est fixe, et maintenue par une console en fer *z, z*; elle porte un robinet *x* pour arrêter ou régler le vent à volonté. L'autre partie, qui se relie à la première au moyen d'un boyau en cuir, s'adapte à la buse *s, s*, dont le bout entre dans la tuyère et s'y engage jusqu'à 7 ou 8 centimètres du museau.

L, L, fig. 1 et 2. Jumelles ou eoulottes sur lesquelles on amène les gueuses vers l'œillard N du foyer.

P. Rouleau tournant sur lui-même, dans des encoches, pour faire avancer la gueuse G dans le foyer.

G, G. Gueuse telle qu'elle est placée pour recevoir l'action du feu et du vent dans le ereuset.

O, O, fig. 1 et 4. Pièce en fonte, que l'on nomme *orgue* ou *orgueil*, placée sur l'âtre, et sur laquelle l'ouvrier appuie son ringard pour soulever la gueuse et la faire avancer dans le ereuset, pendant

qu'un manœuvre fait tourner le rouleau P.

Q, Q, fig. 2, 14 et 15. Porte pour fermer l'œillard; elle est échanerée pour laisser passer la gueuse.

Fig. 5. Élévation latérale de la tuyère; *fig. 6*, coupe suivant son axe; *fig. 7*, plan; *fig. 8*, tuyère vue du côté du museau. L'œil est à peu près demi-circulaire, et a 5 centimètres de largeur sur 3 de hauteur; l'échelle est une fois et demie celle des autres figures.

Fig. 9. Élévation par-devant de la varme *v*; *fig. 10*, plan de la même pièce, et *fig. 11*, élévation latérale, faisant voir la tablette d'appui *u*.

Fig. 12, vue par côté, et *fig. 13*, vue par-devant d'une murette *n*.

Fig. 14 et 15. Porte Q de l'œillard N.

Fig. 16 et 17. Orgue ou orgueil vu de face et par bout.

Fig. 18. Loupe ou Renard tel qu'il sort du ereuset pour le porter sur le refouloir.

Fig. 19. Tenaille à cingler avec laquelle on saisit le renard, après qu'il a été refoulé, pour le porter sous le marteau; là, on lui donne la forme d'un prisme, que l'on nomme *pièce* ou *maisset*.

PLANCHE 6.

Chaufferie des forges de Jeand'heurs (Meuse); échelle de $\frac{1}{12}$.

Fig. 1. Plan de la chaudière pris au-dessus du foyer, ou suivant la ligne 1, 2, *fig. 2.*

Fig. 2. Coupe suivant la ligne 3, 4 du plan.

Fig. 3. Coupe suivant la ligne 5, 6 de la *fig. 4.*

Fig. 4. Coupe horizontale suivant la ligne 7, 8, *fig. 3.*

Fig. 5. Élévation de la chaudière

par-devant, ou parallèlement à la ligne 5, 6, *fig. 4.*

La construction et la disposition du foyer, ainsi que de la cheminée, sont tout-à-fait analogues à celles de l'affinerie décrite Planche 5; seulement la chaudière n'a pas besoin d'être fermée dans le fond, et peut être placée dans l'intérieur des bâtiments sans s'appuyer à un mur. C'est le cas dont on donne ici

un exemple; du reste, il est en général plus avantageux de disposer l'aire d'une chaudière comme celle d'une affinerie, parce qu'on peut alors y établir l'une ou l'autre, selon le besoin.

Pour mieux faire voir la ressemblance qui existe entre elles, on a désigné, dans la description ci-après, les mêmes parties par les mêmes lettres.

A, A, *fig.* 1, 2 et 4. *Airc* comprise entre deux piliers de fonte D, D, et un mur C, C, s'élevant à la même hauteur que ces piliers.

H, H, H', H', *fig.* 2, 3 et 5. *Mardres* en fonte portées par le mur C, C, et par les piliers, et par lesquelles est montée la cheminée I, I. Cette cheminée est élevée d'environ 6^m au-dessus des mardres.

G, G, *fig.* 2 et 5. *Mardre* du manteau soutenue obliquement par une pièce de fonte *g* encastrée dans le mur C, et par un tasseau appartenant au pilier de devant.

K, K. *Manteau* occupant ici toute la largeur du devant du foyer dans le même but qu'aux affineries.

F, *fig.* 1 à 5. *Feu* ou *foyer* de chaudière; il se compose aussi d'une *sole f*, d'une *varme v*, d'une *rustine r*, d'un *contrevent c*, et d'un *lateralol l*, ayant un trou de *chîo o*. La sole incline un peu sur le devant; les autres taques sont verticales, à l'exception de la varme, qui incline légèrement vers le mur C. L'épaisseur de ces plaques est de 5 à 6 centimètres.

d, e, *fig.* 1, 2 et 4. Plaques soutenant le lateralol, et portant la plaque de devant a, b, *fig.* 1, 2 et 5.

p, *fig.* 1, 2, 3 et 5. Plaque de contre-cœur reposant sur la varme, et ayant la même inclinaison.

t, *fig.* 2, 3 et 4. Tuyère en fer battu placée dans une petite embrasure, et

murée avec quelques briques, de manière à plonger très peu dans le foyer.

g, g, *fig.* 1, 2, 3 et 5. Étrier en fer suspendu au contrevent; h, h, ebenets également en fer s'appuyant sur l'étrier et sur une plaque O placée à côté du contrevent, ou sur le contrevent lui-même, qui est entaillé pour la recevoir.

P, P, *fig.* 1 et 5. *Pièces* ou lopins de fer ayant déjà passé sous le marteau, et qu'on place sur les chenets pour commencer à les échauffer, et en même temps concentrer la chaleur dans le foyer en le recouvrant en partie.

A Jeand'heurs, le foyer est alimenté au ebarhou de terre menu, dans lequel on chauffe les pièces au blanc pour les étirer.

On apporte les pièces sur la plaque O, d'où on les pousse sur les ebenets.

L, M, N, *fig.* 1 et 5. Plaques horizontales et verticales formant un emplacement pour le ebarhou de terre.

t, *fig.* 6, 7, 8 et 9. Tuyère en coupe longitudinale, en élévation du côté du museau et du pavillon, et en coupe horizontale. La tuyère reçoit deux buses de soufflets en bois agissant alternativement; mais, avec les caisses soufflantes à vent continu, une seule buse suffit. L'échelle de ces figures est les $\frac{1}{2}$ de l'échelle du plan.

Fig. 10, T. Tenaille à chauffer les pièces. Les mors, étant dans le feu avec la pièce, doivent être très forts pour pouvoir résister; les branches sont méplates, afin de ne pas fléchir lorsqu'on les serre au moyen du double crochet S, que l'on nomme *clame* ou S. Les pièces étant chauffées, on les retire sur la plaque de devant pour changer la tenaille.

Fig. 11, T'. Tenaille à coquille avec laquelle on saisit les pièces chauffées pour les porter sous le marteau et les

étirer; les branches sont arrondies, et on les serre au moyen d'une *clame* ou d'un anneau s.

P, fig. 12. *Pièce ou masset* résultant du cinglage de la loupe.

E, fig. 13. *Encrenée*, forme que prend la pièce au premier étirage.

M, fig. 14. *Maquette* ou produit du second étirage.

B, B, fig. 15. *Bande ou barre* résul-

tant de l'étirage complet de la maquette.

Il faut une chaude pour chaque opération.

Les chaufferies, dans les forges à l'allemande, ne sont employées ordinairement que pour le travail des martinets. A Jeand'heurs, où l'on fabrique le fer par la méthode mixte dite *champenoise*, les chaufferies servent également pour l'étirage au gros marteau et au martinet.

PLANCHE 7.

Marteau à soulèvement sur ordon à drôme coupé; échelle de $\frac{1}{12}$.

La disposition d'ordon, représentée par cette planche, appartient à l'usine de Jeand'heurs (Meuse), où plusieurs améliorations ont été introduites dans ce système de marteaux. La position horizontale de l'arbre de la roue hydraulique qui permet à cette dernière de tourner dans un plan vertical, est une des plus importantes à signaler, parce que, dans beaucoup d'usines, on trouve des ordons, même récemment construits, dont l'arbre et la roue sont inclinés, ce qui nuit au bon emploi de la force motrice. Du reste, les ordons à drôme coupé de Jeand'heurs n'offrant pas, dans quelques détails, les dispositions les plus avantageuses et les plus récentes, on a cru devoir les emprunter à d'autres usines et les faire entrer dans la construction que l'on donne ici.

La fig. 1^{re} représente une élévation latérale du marteau et de l'ordon.

La fig. 2 est une élévation prise en avant du marteau.

La fig. 3, une coupe longitudinale suivant la ligne 1, 2, 3, 4 du plan, fig. 4.

La fig. 4, un plan de la charpente de l'ordon, en supposant cette charpente découverte en totalité.

A, A, fig. 1 à 4. *Grande attache* assemblée verticalement à tenon et mortaise sur une forte pièce de charpente O, O, placée sur le bord du bief de la roue hydraulique.

B, B, fig. 1 et 2. *Bras buttans* ou *bras boutans* de la grande attache, assemblés à tenon et embrèvement dans les faces latérales de la grande attache ainsi que dans la pièce O, O.

B', fig. 1. *Bras boutant d'arrière*, passant par-dessus la roue hydraulique, et s'assemblant sur une forte semelle enterrée. Cette semelle se nomme *la taupe*, d'où vient aussi à la pièce B' le nom de *bras boutant de la taupe*.

C, C, fig. 1 à 4. *Court-carreau*, fixé sur une pièce K, K, parallèlement à la grande attache, et garni d'une frette f, f.

D, D, fig. 1 et 2. *Le drôme*, assemblé d'un bout à tenon et mortaise dans la grande attache, et recevant l'extrémité supérieure du court carreau qui s'y assemble à tenon et embrèvement. Ces assemblages sont consolidés sur deux faces opposées par des brides doubles en fer, de 3 centimètres d'équarrissage, serrées fortement au moyen de clavettes à talons et de contre-clavettes qui traversent

l'épaisseur du bois. En outre, un gonsset *G*, *fig.* 1 et 2, maintient encore le drôme dans sa position. Une forte frette *f' f'* empêche la tête du drôme de se fendre.

F, *fig.* 1, 3 et 4. *Culard*, servant à butter le court carreau contre la grande attache. Ses extrémités sont encastrées d'une part dans la mortaise *p' q' r' s'* de la grande attache, et d'autre part dans le court carreau.

J, *fig.* 1, 2 et 3. *Jambe sur l'arbre*; *J'*, *fig.* 1 et 2, *jambe sur la main*. Ces pièces servent à porter les tourillons d'un anneau en fonte *H*, *fig.* 2, que l'on nomme *bogue*, *hus* ou *hurasse*, et qui reçoit la queue du manche *M'* du marteau. Le haut des jambes, de forme pyramidale, se loge dans de larges entailles faites dans le drôme et *y* est maintenu latéralement par des coins de bois *h*, *h*. On serre les jambes contre le drôme au moyen d'une bride en fer *e*, *e* et d'un coin *g*. Le bas des jambes, également taillé en pyramide, se loge dans les mortiers ou pots de jambe *I*, *I'*, *fig.* 3 et 4, et *y* sont maintenus par des coins *l*, *l*, *fig.* 1, 2 et 3.

V, *fig.* 1 et 2, *clef serrante* ou *tirante*. Elle traverse des mortaises *V'*, *fig.* 3, pratiquées dans les jambes, et reçoit une autre clef *i* qui fait appliquer ces dernières au fond des entailles du drôme.

t, *fig.* 1 et 2, *tabarin* ou espèce de cale fortement serrée entre la clef tirante et la face inférieure du drôme. Cette pièce sert avec la clef tirante à contenir les jambes dans les mortiers, et à préserver le drôme des contrecoups occasionnés par le choc du marteau.

A, *A'*, *fig.* 1, 2 et 3, arbre de la roue hydraulique *R'*. Il est horizontal et perpendiculaire au plan des jambes. Son tourillon antérieur *x* tourne dans une

empoise en fonte, fixée au moyen de coins de bois sur un support en fonte *Y*, *fig.* 2 et 4. Ce support est placé contre l'enclume *E* et repose sur un fort mardrier appuyé lui-même sur la charpente de fondation.

r, *fig.* 1, 2 et 4. *bague à cames* en fonte, fixée très solidement sur le bout de l'arbre par des cales en bois *y*, *y*. Elle porte cinq parties saillantes que l'on nomme *poucets* et contre lesquelles sont fixées des pièces *o*, *o*, en orme ou en charme, et que l'on nomme *sabots*. Les cames formées par la réunion des poucets et des sabots, saisissant l'arbre *M'* du marteau, le soulèvent tour à tour.

La vitesse de la roue pouvant être de 16 à 17 révolutions par minute, le marteau peut frapper 80 à 85 coups dans le même temps.

E, *fig.* 1, 2 et 4. *Enclume* en fonte. Elle est placée obliquement du côté de la jambe sur la main, afin que les cames ne puissent saisir les barres, et que ces dernières ne rencontrent pas le court carreau lorsqu'elles sont longues.

M, *fig.* 1 et 2, et ponctué, *fig.* 4. *Marteau* en fonte dont la panne doit coïncider parfaitement dans toute sa longueur avec la table de l'enclume.

M', *fig.* 1 et 2, et ponctué, *fig.* 4. Manche du marteau en bois de charme ou de hêtre. Sa queue est fixée dans l'anneau de la hurasse au moyen de coins de bois lardés de cales en fer, et sa partie antérieure porte un tenon qui entre dans l'œil du marteau et *y* est assujéti par des clefs en bois et en fer. Une broche *q* traverse le tenon et sert à appuyer le marteau contre son épaulement.

n, *fig.* 1. *Braie* ou lien de fer qui protège le manche à l'endroit où il est saisi par les cames, et diminue le frottement.

La *fig. 4* fait voir que le manche du marteau n'est pas parallèle à l'arbre de la roue hydraulique, et qu'il s'incline vers l'ui afin de se présenter à l'action des cames.

R, R, *fig. 1* et 2, *ressort* ou *rabat*, pièce contre laquelle vient frapper le marteau à chaque *levée*, et dont l'élasticité accélère la chute du marteau en augmentant considérablement la force du coup due à la hauteur de cette chute. Cette pièce, qui fatigue beaucoup, doit être faite en hêtre, en charme ou en frêne.

Le rabat passe d'abord dans une espèce de mortaise *c' c' d' d'* que l'on nomme *chapelle*, *fig. 1*, 2 et 3, pratiquée dans le court carreau, et y est fixée par des clefs *k, k*. Les *fig. 3* et 4 font voir la mortaise *k' k'* des clefs, et la chapelle *c' c' d' d'* projetée en *c' c'*, *fig. 4*.

L'extrémité du rabat s'engage dans une mortaise *p' q' r' s'*, *fig. 3* et 4, de la grande attache, et y est maintenue dans une position invariable au moyen d'une cale *p* placée sur le culard F, *fig. 1*, et de coins enfoncés en dessus. Des frettes *a a* entourent l'attache au-dessus et au-dessous de cette mortaise.

Le rabat est élagé vers la tête, afin d'avoir plus d'élasticité.

X, X, billots de bois placés derrière l'enclume et dans la même direction. Ils portent une plaque en fonte à rebords *x, x* pour soutenir et guider au besoin les barres de fer.

Z, *fig. 2* et 3, bêche en fonte contenant de l'eau pour rafraîchir les outils.

Charpente de fondations. Le rabat étant continuellement frappé par le marteau, les secousses qu'il communique au système qu'on vient de décrire auraient bientôt détruit les assemblages, si le court carreau n'était maintenu très solidement

par le pied. C'est dans ce but principalement qu'est établie la charpente qu'on va décrire.

O, O, *fig. 3* et 4, *traversine* ou *sablère* sur le milieu de laquelle est assemblée la grande attache au moyen d'un fort tenon et des brides en fer *b b*, et qui reçoit les pieds des bras boutans latéraux dans les mortaises embrevées *u, u*.

N, N, *croisée* dans laquelle sont creusés les *mortiers* ou *pots de jambes* I, I'. Chaque mortier est garni de deux bandes de fer *v, v*, encastrées dans le bois, et maintenues par des frettes *s, s* entourant la croisée.

U, U, *liens* maintenant l'écartement entre la croisée et la traversine. Ils sont assemblés dans le milieu de l'épaisseur de chaque pièce par un tenon à queue d'aronde serré au moyen d'un coin.

O', O', *sous-traversine*; N', N', *sous-croisée*; K, K, *pied d'écrevisse*, ainsi nommé à cause de la forme de la pièce analogue dans les anciens ordons. Cette pièce est assemblée à queue d'aronde entre les traversines, et à entailles entre les croisées. Elle porte le court carreau qui y est assemblé par un fort tenon, et par deux brides à clavettes *d, d*.

L, L, *longrines* assemblées entre les traversines et les croisées, de la même manière que le pied d'écrevisse. On voit que les croisées et traversines font ici l'office de moises, et que les pièces de dessus sont serrées avec celles de dessous par 4 brides *d, d* garnies de clavettes et contre-clavettes *c, c*.

Les traversines reposent sur un mur épais, formant l'une des joues du coursier de la roue hydraulique.

P, P, *traverses* assemblées à entailles sur les longrines dont elles maintiennent l'écartement et diminuent les vi-

brations. Elles sont fixées par des boulons à clavettes.

T, T, *têtière* dans laquelle les bouts des longrines sont assemblés à tenons en queue d'aronde serrés par des coins.

Q, Q, *lien* placé entre les longrines du milieu, et près du billot de l'enclume.

Toute cette charpente en fortes pièces de chêne, établie sur un terrain bien consolidé, maintient par son étendue la stabilité du système; et par son poids considérable, ainsi que par une légère élasticité, elle résiste aux chocs qui tendent à soulever le court carreau.

S, S, *stoc* ou *billot* de l'enclume, emboîté par un châssis inférieur E', E', F', F', placé sur un terrain très solide, ou, à défaut, sur un bon grillage. Il est maintenu dans la position verticale par un second châssis C' C' D' D', placé sous les longrines, et qui l'embrace en le

serrant fortement. Le dessus du stoc est creusé pour recevoir l'enclume E, qui est maintenue dans sa *chambre* au moyen de coins. Le stoc peut être fait d'une ou plusieurs pièces, mais, dans tous les cas, il doit être garni de fortes frettes pour l'empêcher de fendre. Il doit toujours être indépendant de toutes les autres parties, afin de ne pas les ébranler par le choc qu'il reçoit du marteau.

En posant la charpente ou l'ordon d'un marteau, il faut avoir soin d'entourer toutes les pièces de scories de forges concassées, afin qu'elles se conservent mieux. Souvent on charge la *têtière* de grosses pierres ou de morceaux de fonte, pour augmenter la pesée sur le court carreau. L'ordon monté, on recouvre les longrines de scories et de terre bien battue jusqu'à hauteur de la croisée et de la traversine.

PLANCHE 8.

Suite de l'ordon à drôme coupé.

Fig. 1. Coupe de l'ordon en avant de la croisée et des jambes.

A, *grande attache*, masquée en partie par le gousset G et par le court carreau C C.

c', c', d', d', *chapelle* pratiquée dans le court carreau, pour le passage du ratbot.

B, B, *bras bontans* d'attache.

D. Coupe du drôme, dans l'entaille où se logent les jambes.

J, J, *jambe sur l'arbre*, garnie de frettes m' m', au-dessous et au-dessous de la boîte de crapaudine. Elle est un peu échancrée entre ces deux frettes, pour le passage de l'arbre A' de la roue hydraulique R'.

J', J', *jambe sur la main*, garnie

également de deux frettes m, m, entre lesquelles est une entaille pour recevoir une crapaudine et des coins.

e, e, *bride* en fer qui, au moyen du coin g, serre le haut des jambes dans les entailles du drôme. l, l, coins pour serrer le bas des jambes dans les pots dont la profondeur est indiquée par une ligne ponctuée.

H, *hus* ou *hurasse* en fonte, dans l'anneau de laquelle est fixée la queue du manche au moyen de coins de bois et de fer. Elle est munie de deux pivots, dont l'un, t, nommé *court bouton*, est porté par la crapaudine de la jambe sur l'arbre, et l'autre, t', nommé *grande branche*, par la crapaudine de la jambe sur la main.

N, N, croisée entourée de fortes frettes de chaque côté des pots de jambes ou mortiers.

U, U, bouts des liens à tenons en queue d'aronde, qui assemblent la croisée avec la traversine; u, u, coins pour serrer les tenons dans leurs mortaises.

K, pied d'écrevisse vu par bout. Il est, ainsi que les *longrines* L, L, assemblé à entaille entre la croisée N et la sous-croisée N', N'; ces deux dernières pièces sont fortement serrées au moyen de brides d, d, et de clavettes à talons avec contre-clavettes c, c.

Détails de l'ordon à drôme coupé à l'échelle de $\frac{1}{10}$.

Fig. 2. Élévation intérieure de la partie de la jambe sur l'arbre J, qui reçoit la crapaudine fixe. Fig. 3, coupe de cette jambe suivant la ligne 1, 2.

b', b', bandes de fer ou plaques de fonte encastrées de champ pour former les côtés de la boîte ou mortaise de la crapaudine. Le fond de la boîte est garni d'une plaque de tôle f, g; et des frettes m', m', servent en même temps à relier la jambe en dessus et en dessous de la mortaise, et à maintenir les bandes b', b'.

L. Crapaudine en fonte portant deux yeux ou cavités pour recevoir les pivots de la burasse. Lorsque l'œil supérieur est usé, on se sert de l'autre en tournant la crapaudine de haut en bas. Cette crapaudine est fixée à demeure dans sa boîte au moyen de coins supérieurs n, et de coins latéraux.

Fig. 4. Élévation par-devant de la jambe sur la main J. Fig. 5, coupe suivant la ligne 3, 4. Fig. 6, élévation intérieure de la même jambe, et fig. 7, élévation extérieure.

Dans cette jambe, et entre les frettes m, m, est faite une entaille dont la profondeur est à peu près égale au tiers de l'épaisseur de la jambe. Dans cette entaille sont placés : 1°. une cale en chêne

b, fig. 4 et 6, appuyée dans le fond de l'entaille, et reposant sur la frette inférieure; 2°. la crapaudine à oreilles et en fonte a, a, fig. 4 à 7, dont le corps repose sur la cale b. Cette crapaudine porte également deux yeux, fig. 5 et 6, qui servent l'un après l'autre; 3°. un chapeau c, fig. 4, 6 et 7, placé sur la crapaudine, et retenu par deux petits talons relevés qui porte cette dernière; 4°. une clef de serrage e, appuyant contre le haut de l'entaille. Pour retenir la crapaudine dans le sens latéral, on se sert de coins d, fig. 4 à 7, placés d'un côté ou de l'autre, selon l'œil dont on veut faire usage, ou des deux côtés, si la distance entre les deux oreilles l'exige.

a, fig. 8, plan de la crapaudine à oreilles. a', fig. 9, coupe transversale suivant la ligne 7, 8.

M, fig. 10, élévation par-devant du marteau; o, son œil; p, sa panne oblique, afin de pouvoir coïncider avec la table de l'enclume.

Fig. 11. Marteau représenté la panne en dessus, pour faire mieux voir sa forme.

Fig. 12. Élévation latérale du marteau.

Fig. 13. Coupe suivant la ligne 5, 6, fig. 12.

*Marteau sur ordon à jambes en fonte de l'usine de Jeand'heurs (Meuse);
échelle de $\frac{1}{12}$.*

Ce marteau n'est employé à l'usine de Jeand'heurs qu'à cingler les loupes ou balles au sortir des fours à réverbère, dans lesquels on a fait l'affinage de la fonte; mais en changeant la tête du marteau, il peut aussi bien servir à l'étrépage, ainsi que cela se pratique à l'usine d'Audincourt.

La construction de l'ordon est beaucoup plus simple, exige moins d'emplacement, offre plus de facilité pour le service, présente une grande solidité, et, sous tous ces rapports, mérite la préférence sur les ordons tout en charpente.

Fig. 14. Élévation latérale du marteau et de l'arbre de la roue hydraulique.

Fig. 15. Plan de l'arbre et du marteau, et coupe des jambes en fonte, passant par le centre des tourillons *t*, *fig. 14*.

Fig. 16. Élévation du marteau par derrière ou du côté du cours d'eau.

Fig. 17. Coupe verticale passant par l'axe des tourillons *t*, ou par la ligne *g*, *10, fig. 14*.

Fig. 20. Coupe horizontale passant par la ligne *12, 12, fig. 17*.

P, fig. 14 et 15, marteau en fonte à panne carrée.

Q, enclume en fonte, dont la queue s'emboîte dans une chabotte O de même métal.

U, manche en bête, dont le tenon et la queue sont fixés au moyen de coins, l'un dans l'œil du marteau, l'autre dans la hurasse h, fig. 15, sur les pivots de laquelle s'exécute le mouvement de rotation du marteau.

n, braye ou plaque de frottement des cames.

A, fig. 14, 15, 17 et 20, jambe sur la main, en fonte, portant deux consoles parallèles g, g'.

A', jambe sur l'arbre, également en fonte.

B, B, fig. 14 et 17, chapiteau en fonte, servant à relier les jambes par le haut. Il est maintenu par une clef en fer a'a', qui traverse les tenons des jambes. L'écartement de ces dernières est maintenu, à la partie inférieure, par les pièces de bois EE, fig. 17 et 20, ainsi que par la charpente de l'ordon. Les deux jambes sont fixées sur ces diverses pièces de bois par de fortes clefs en fonte ou en fer aa, cc, dd; des cales en bois b, b, sont placées entre les clefs et les jambes, afin d'éviter les ruptures que pourrait, sans cela, occasioner le choc du marteau. Ces cales ne sont nécessaires que pour les clefs supérieures.

ff, fig. 14, 15 et 20, support mobile en fonte, reposant sur un coussinet en bois ii, de hauteur convenable, et calé entre les consoles gg'. Dans ce support est pratiquée une longue mortaise, traversée par une cheville en fer d'. Il peut tourner autour de cette cheville en même temps que recevoir un mouvement de translation. Ce mouvement lui est donné par des coins ll, fig. 14 et 15, agissant sur la languette f', et qui servent en même temps à le maintenir invariablement. Deux tirans à tête pp, traversant les consoles, servent à maintenir la partie antérieure du support, et à lui donner la position convenable, au moyen de platines m m et d'une clavette à talons k.

La fig. 1, Pl. 9, indique clairement cette disposition.

s, s', fig. 20, boîtes des tourillons de la hurasse, l'une fixée dans la jambe sur l'arbre, l'autre dans le support mobile *ff*.

R, R, fig. 14, et ponetué fig. 15, ressort ou rabat du marteau. *C C*, fig. 14, 15 et 20, chapelle en fonte dans laquelle est logée sa queue. *D D*, tasseau en bois sur lequel il repose. Ce tasseau est relié à la charpente inférieure par deux brides en fer *e e*, et la clavette à talons *e'*.

F, fig. 15 et 17, anneau carré à tourillons, dans lequel passe le rabat. Les tourillons *t t* servent à incliner cette pièce selon le besoin, et ils sont maintenus à la hauteur convenable par des crapaudines de support en bois *b' b'*, et par des crapaudines de pression en fonte *c' c'*, garnies de cales en bois.

B', B', fig. 14 et 15, arbre de la roue hydraulique, de laquelle les dimensions sont indiquées par la description de la Pl. 4. *V X*, axe de cet arbre; *z*, tourillon en fonte; *Y*, support de tourillon.

rr, bague en fonte portant les cames qui soulèvent le manche du marteau.

Observation. L'arbre de la roue hydraulique portant une bague à came pour un martinet, comme on le voit Pl. 4, on n'a pu en rapprocher davantage la cage formée par les jambes. Mais une aussi grande distance n'est pas nécessaire, et il y a avantage à la diminuer autant que possible, pour que le manche du marteau soit saisi moins obliquement par les cames.

Fig. 16. *H, H*, sous-traversine reposant sur la maçonnerie; *G, G*, traversine.

L, L, longrines vues par bout, encastrées entre les traversines, qui sont fortement assemblées au moyen de doubles brides *m' m'* et de clavettes à talons *n' n'*.

E, E, semelle vue par le bout, sur laquelle repose la chapelle *C*, dont le patin est recouvert par le tasseau *D*.

e e, brides du tasseau, traversées à leur bout inférieur par des clavettes, et maintenues à la partie supérieure par une clavette à talons *e' e'*.

v x, boulon à clavotte assemblant le patin de la chapelle *C*, la semelle *E* et la traversine *G G*.

Fig. 21. *B B*, chapiteau vu en dessus; *A, A'*, tenons des jambes; *a' a'*, clef d'assemblage en fer.

Fig. 22. Coupe des jambes *A* et *A'* suivant la ligne 13, 14, fig. 17; *F*, anneau carré du rabat vu en dessus; *c' c'*, crapaudines de pression placées sur les tourillons *t, t* de l'anneau.

Fig. 23. Élévation par-devant de l'anneau *F*, indiquant les tourillons *t t* et leurs embases.

Fig. 18 et *19.* *c', c'*, élévation et plan sur échelle double d'une crapaudine de pression.

Fig. 24 et *25.* Élévation et plan du support mobile *f, f*, sur échelle double; *f'*, languette faisant corps avec le support; *d' d'*, mortaise allongée; *s' s'*, boîte de tourillon.

PLANCHE 9.

Suite du marteau sur ordon à jambes en fonte.

Fig. 1. Élévation du marteau par-devant.

Fig. 2. Coupe longitudinale suivant la ligne 1, 2, *fig. 3.*

Fig. 3. Plan de la charpente de l'ordon mise à découvert.

P, marteau; Q, enclume à queue; O, chabotte. Toutes ces pièces sont en fonte.

U, maneho du marteau garni de sabraye *n*, et fixé dans la hurasse *h*.

A, jambe sur la main; A', jambe sur l'arbre, réunies par le chapiteau B et la clef *a' a'*.

a, c, d, clefs en fonte de fer, *fig. 2* et *3*, pour assembler les jambes avec la charpente de l'ordon.

R, rabat; F, anneau carré à tourillons; C, C, chapelle en fonte; D, D, tasseur en bois. (Voir la précédente description.)

La charpente de l'ordon, *fig. 2* et *3*, se compose ainsi qu'il suit :

H, H, *sous-traversine* reposant sur la maçonnerie; G, G, *traversine*. Entre ces deux pièces, viennent s'assembler, à queue et à coins, deux fortes longrines L, L, dont les tenons opposés sont engagés de la même manière dans les mortaises de la *traversine de tête* T, T. De doubles brides *m m*, serrées par des clavettes à talons *n*, assemblent les traversines.

Entre les longrines L, L, sont placées deux fortes entre-toises MM, NN, assemblées à tenons en queue dans les longrines.

K, K, en coupe *fig. 2*, et ponctué *fig. 3*, court carreau assemblé à tenons

dans l'entre-toise MM, et profondément encastré entre les traversines.

Sur le court carreau repose la semelle E, E, assez ordinairement composée de deux pièces, et entaillée pour le passage des jambes A et A'. Sur la semelle reposent le patin de la chapelle CC et le tasseau DD, et le tout est relié avec les pièces inférieures par les brides à clavettes *ee*, et par le bouton à clavette *vx*. Lorsque la semelle est en deux pièces, comme cela a lieu ici, on les réunit par des boulons.

SS, *stoc* composé de quatre pièces assemblées par boulons, recoupées à pans, et garnies d'une forte frette à leur partie supérieure.

La chabotte est posée sur le stoc, et maintenue latéralement par des fiches en fer.

E' E', F' F', eadre dans lequel s'emboîte le stoc, et qui repose sur un terrain fortement battu et bien nivelé.

VX, ligne d'axe de l'arbre de la roue hydraulique.

Fig. 4. Jambe sur l'arbre A' A'; *fig. 5.* coupe suivant 3, 4; *fig. 6.* jambe sur la main; *fig. 7.* coupe suivant 5, 6.

a' a', trous pratiqués dans les tenons pour la clavette de serrage; *j, j*, évidements à jour. Dans les faces extérieures sont des dégagemens ou tableaux renforcés, comme l'indiquent les coupes A et A', *fig. 3*.

aa, bb, épaulements de clavettes; *qq, fig. 4* et *5*, oreille dans laquelle est fixée, par des esles en bois, la boîte *s*, qui reçoit le court bouton de la hurasse. *gg, g' g'*, *fig. 6* et *7*, consoles dans

lesquelles sont pratiqués des passages *p*, pour les tirans qui servent à régler la position du support mobile; *d*, passage de la cheville qui traverse ce même support.

Fig. 8 et 9. Élévation et plan de la chapelle. Le patin CC, *fig. 9*, est fait en fourchettes, portant chacune une échancrure qui permet au patin de se loger entre les jambes. *ee*, passage de bride d'assemblage; *x, x*, passage de boulon.

Fig. 10. Élévation, *fig. 11*, plan de la linrasse. *a*, court bouton; *b*, grande branche. *Fig. 12*, coupe suivant la ligne 7, 8, *fig. 10*.

Fig. 13 et 14. Braye *nn* vue de côté et en plan. *Fig. 16*, élévation du marteau par-devant. *Fig. 15*, coupe du marteau passant par l'œil, suivant la ligne 9, 10, *fig. 16*.

Fig. 17. Élévation de l'enclume, dont la queue est une pyramide tronquée à huit pans.

Fig. 18. Enclume vue par-dessous.

Fig. 19. Coupe de la chabotte suivant la ligne 11, 12 du plan, *fig. 20*. Le renfoncement forme une pyramide tron-

quée quadrangulaire, ce qui permet de tourner l'enclume avec plus de facilité, et d'introduire des cales en bois dans les angles pour la serrer.

Fig. 21. Arbre de roue hydraulique vu par bout, du côté du marteau.

Fig. 22, coupe suivant la ligne 13, 14. B', corps de l'arbre; *z*, tourillon; *r, r, r*, bague en fonte portant des poucets *p, p*, et fixée sur l'arbre au moyen de cales *y, y*; *oo*, sabots en bois dur qui, réunis aux poucets, forment les cames.

Fig. 23. *o, o'*, sabot vu par bout et de face. Il est traversé par un clou rivé pour l'empêcher de fendre.

Fig. 24. *y, y'*, cale vue par bout et de face.

Fig. 25 et 26. Autre mode d'assemblage des sabots avec les poucets, en élévation et en plan. *b, b*, bague en fonte armée de poucets *p*; *o*, sabot fixé contre le poucet au moyen d'une bride en fer *aa*, et d'un coin en bois chassé de force.

Ces divers détails d'arbre et de bague à cames sont applicables aux deux systèmes de marteaux à soulèvement.

PLANCHE 40.

Martinet des forges de Jeand'heurs (Meuse); échelle de $\frac{1}{100}$.

Fig. 1. Coupe du martinet faite parallèlement au manche du marteau, suivant la ligne 5, 6, *fig. 2*.

Fig. 2. Plan du martinet et coupe des poteaux montans, suivant la ligne 1, 2, *fig. 1*.

Fig. 3. Élévation du martinet en avant des poteaux.

Fig. 4. Élévation par-devant du marteau et de l'enclume.

Fig. 5. Coupe du stoc S suivant la ligne 3, 4, *fig. 1*.

A, A, *fig. 1* à 3, poteaux montans du martinet, assemblés sur des semelles D, D, et maintenus par des bras boutans C, C.

B, B; B', B', moises entaillées, servant à réunir les poteaux, à la partie supérieure et à fleur de sol.

E, E, traversines fixées sur les bouts

des semelles, pour en maintenir l'écartement, et les charger d'une partie du poids des matériaux qui entourent la charpente.

S, *stoc*, fig. 1 et 5; G, G; G', G', cadre inférieur du *stoc*; H, H; H', H', cadre supérieur embrassant le *stoc*.

Toute cette charpente, qui constitue l'ordon du martinet, est en chêne, établie sur un terrain solide, et garnie de maçonnerie ou de crasses de forges, mélangées de terre, et bien battues.

A', fig. 1 à 3, arbre de la roue hydraulique, sur lequel est montée une bague en fonte *b*, garnie de 16 cames en fer forgé. Cette bague est fixée sur l'arbre au moyen de cales en bois *a*, *a*. Près du tourillon de l'intérieur *t*, sont fixés un ou plusieurs gros anneaux en fonte I, pour charger l'arbre de ce côté, et empêcher qu'il ne soit soulevé par la pression des cames.

M', manche du martinet, dont la queue est garnie d'une plaque de frottement des cames *i*, que l'on nomme *braye* ou *touche*, d'une *frette* *l* et d'un *anneau de battement* *k*. Le manche est en hêtre, et les garnitures sont en fer.

f, fig. 1, pièce de ressort en bois, et garnie d'une plaque en fonte ou en fer *g*, fig. 1 et 2, pour recevoir le battement du talon de l'anneau *k*.

h, *hurasse* en fonte dans laquelle le manche est fixé au moyen de cales en

bois. Les boutons ou pivots de la linrasse tournent dans des crapandines en fonte *o*, *o*, fig. 2 et 3, lesquelles sont élevées à la hauteur convenable au moyen de hausses en bois *q*, et fixées par des coins *r*, qui s'engagent sous les moises B, entaillées à cet effet.

M, marteau en fonte fortement calé sur la tête du manche.

E, enclume également en fonte, et maintenue sur le *stoc* par des fiches en fer.

m, m, fig. 1 et 2, chantiers en bois portant une plaque à rebords *dd*, placée derrière l'enclume pour supporter les barres de fer.

n, n, fig. 1, 2 et 4, chantiers portant une autre plaque unie *ee*, placée latéralement à l'enclume dans le même but.

p, fig. 2 et 4, tige en fer traversant la plaque *e* du côté le plus bas de l'enclume, pour y retenir les barres.

Fig. 6. Marteau vu de côté; fig. 7, marteau vu de face.

Fig. 8. Coupe de la bague à cames *b* suivant un diamètre. Fig. 9, coupe de la bague suivant la ligne 7, 8 de la fig. 8; *c*, *c*, cames en fer serrées dans les mortaises *c'*, *c'* au moyen de coins en bois lardés de lames de fer.

Ce martinet peut frapper jusqu'à 288 coups par minute. (Voir la description de la Pl. 4.)

Martinet des forges de la Bonneville (Eure); échelle de $\frac{1}{1000}$.

Fig. 10. Coupe longitudinale parallèlement au manche du marteau.

Fig. 11. Plan du martinet, le manche du marteau étant ôté.

Fig. 12. Élévation du martinet en avant des poteaux.

L'ordon de ce martinet présente une disposition tout-à-fait analogue à celle précédemment décrite, et les mêmes lettres désignent les pièces semblables dans les deux constructions. Les principales différences entre cette machine et

la précédente consistant dans la forme du marteau et dans la manière de supporter la hurasse.

Le marteau M, ainsi que l'enclume E, fig. 10 et 11, sont en fonte; mais au lieu d'avoir leur *panne* ou surface de percussion de forme rectangulaire, elle a la forme d'un T, de manière que le forgeron peut, sans changer de place, étirer ou planer ses barres de fer. Le plan fig. 11 indique cette forme pour l'enclume.

La hurasse *h*, au lieu d'être portée par des crapaudines, est placée entre deux jambes en fonte J, J, fig. 11 et 12. Ces jambes se logent par le bas dans des mortaises ou poits creusés dans les moises inférieures B', rapprochées à cet effet, et traversent les moises supérieures. Des clavettes en fer *r*, *r*, serrant contre ces moises, empêchent les jambes de se soulever, et on les rapproche convenablement au moyen de coins de bois *d*, *e*, s'appuyant contre les poteaux. Des cales en fer *e'*, *e'*, placées à l'intérieur, les arrêtent entièrement dans leur position. Ce système est plus simple, plus solide et plus commode que le précédent; mais pour être complètement bon, il faut que les jambes portent chacune un logement pour recevoir des crapaudines, que l'on peut alors changer au besoin.

L'enclume E, au lieu de porter immédiatement sur le stoc, se loge dans

une chabotte en fonte N, fig. 10 et 11, qui, par sa masse, accroît les effets de la percussion.

L'arbre A' de la roue hydraulique est garni de bandes de fer *m*, *m*, fig. 10 et 11, encastrées de toute leur épaisseur, et maintenues par de forts liens à clavettes *f*, *f*.

La panne de l'enclume étant horizontale, l'ouvrier ne pourrait travailler commodément debout. Il s'assied sur un banc mobile H, fig. 11 et 12, formé d'une planche suspendue par un crochet à une tige en fer *p*, et tournant autour d'un pignon fixé dans l'un des poteaux. Il présente ainsi, sans se déranger, le fer entre les parties larges ou étroites des pannes.

Fig. 13. Vue latérale du marteau M; fig. 14, vue par-devant.

Fig. 15. Vue de l'enclume E par-devant; fig. 16, vue par côté. Dans le corps de l'enclume est réservé un trou carré *o*, pour pouvoir la retirer plus commodément de la chabotte.

Fig. 17. *Touche* ou *braye* i, i, vue de côté; fig. 18, même pièce vue en plan.

Fig. 19. Vue de face de l'anneau de battement *k*; fig. 20, coupe du même anneau suivant la ligne *g*, 10.

Ce martinet, ainsi que le précédent, ne peuvent servir que pour fabriquer des fers carrés ou plats.

PLANCHE 44.

Martinet des forges de Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or); échelle de $\frac{1}{100}$.

Ce martinet est disposé principalement pour fabriquer de petits fers ronds; mais il peut aussi servir à fabriquer des fers plats ou carrés, par le simple change-

ment des pannes qui s'adaptent au marteau et à l'enclume. Sa construction diffère entièrement de celle des martinets précédemment décrits, non seulement

par le mode de fondation, mais encore par les parties extérieures, qui sont en fonte.

Fig. 1. Plan du martinet. *Fig. 2*, coupe longitudinale parallèlement au manche du marteau, et à élévation du bout de l'arbre à came. *Fig. 3*, élévation par-devant de la cage en fonte du martinet.

A, A', *fig. 1 à 3*, montans de la cage, avec leurs semelles B, B, de même forme, et réunis en dessus par une archivolte; en bas, par une traverse r, s. Toutes ces parties sont coulées en une seule pièce.

C, C; C', C', cadre supérieur en charpente, sur lequel sont boulonnées les semelles BB de la cage.

D, D; D', D', cadre inférieur de même forme que le précédent, avec lequel il est relié par des potelets F, F. De longs boulons b', b', consolident cet assemblage. Cette charpente est posée sur un fond de maçonnerie, et maçonnée sur tout son pourtour entre les potelets, afin de donner plus de solidité à cette fondation.

Le stoc S, *fig. 1 et 2*, se compose de quatre pièces de bois, assemblées entre elles par des tenons chevillés dd et par des boulons. Il est embrassé, en haut et en bas, par des cadres HH', GG'.

A', arbre en bois de la roue hydraulique, portant la bague à cames b, qui y est fixée par des cales a. Cette bague est en fonte, et garnie de 18 cames c en fer. Ces cames ont 0^m03 de saillie, 0^m03 d'épaisseur, et 0^m08 de largeur.

M', manche de marteau en hêtre, garni de sa touche, d'une frette l et de l'anneau k, dont le talon frappe sur la plaque de ressort g. Cette plaque est encastrée dans une pièce de bois ff, qui

repose sur le cadre supérieur de la fondation.

h, *fig. 1 à 3*, hurasse en fonte, dont les boutons jonent dans des crapaudines en fonte o, o'.

N, chabotte en fonte posée sur le stoc S, et maintenue par des tasseaux en fonte à oreilles e, e, clouées sur le stoc.

E, enclume en fonte, dont la queue se loge dans la chambre de la chabotte.

M, marteau en fer pouvant frapper jusqu'à 300 coups par minute.

Détails sur échelle double. — Fig. 4. Vue par-devant du montant A. *Fig. 5*, vue intérieure de la même partie. B, B, semelle; c c, consoles pour arc-bouter le montant; r, s, traverse reliant les deux semelles; b b, nervure surmontant la traverse.

dd, hausse en bois à talons embrassant la largeur du montant, et dans laquelle est encastrée la crapaudine o; e, e, cales et coins en bois pour serrer la crapaudine.

Fig. 6. Vue par-devant. *Fig. 7*, vue intérieure du montant A'; o', crapaudine mobile en fonte et à deux yeux. Elle est placée sur une hausse f, et pressée par les cales et coins g. Cette crapaudine, représentée séparément *fig. 16 et 17*, a deux talons au moyen desquels, et de coins h, i, on la fait mouvoir latéralement, et on la fixe à volonté.

Fig. 8. Vue de l'enclume du côté du montant A. *Fig. 9*, plan de l'enclume; N, chabotte qui reçoit la queue de l'enclume. Elle est percée de part en part d'un trou rectangulaire u, dans lequel on chasse un coin lorsqu'on veut ôter l'enclume; m, support en fer planté dans le sol; n, n, guidon passant dans l'œil du support, s'appuyant sur la chabotte, et se relevant près de la coquille

p, pour maintenir les barres de fer que l'on bat.

Fig. 10. Marteau en fer, dont la panne porte une entaille en queue-d'aronde pour recevoir, soit une panne plate, soit une panne à cannelure ou coquille, lorsqu'on veut fabriquer des fers ronds. *Fig. 11*, marteau vu de face.

Fig. 12 et 13. Enclume vue de côté et de face. Elle est également entaillée pour recevoir une panne ou une coquille, comme on le voit en *q*, *fig. 8*.

Fig. 14. Élévation. *Fig. 15*, plan de la hurasse en fonte.

Fig. 16. Élévation. *Fig. 17*, plan de la crapaudine mobile *o'*.

Fig. 18. Vue de face. *Fig. 19*, vue latérale de la crapaudine fixe *o*.

Fig. 20. Vue de côté de la braye ou touche. *Fig. 21*, vue par bout.

Détails sur échelle quadruple. —

Fig. 22. *p*, vue par bout d'une coquille de marteau pour fabriquer du fer rond.

Fig. 23, p', vue de côté de la même pièce. *Fig. 24*, vue par bout. *Fig. 25*, vue de côté de la coquille fixée sur l'enclume.

PLANCHE 12.

Disposition générale de la forge à l'anglaise de Decazeville (Aveyron);
échelle de $\frac{1}{1000}$.

L'usine de Decazeville, la plus grande, la plus belle et la plus complète de toutes celles qui ont été créées en France pour fabriquer le fer, se compose de six hauts-fourneaux contigus, en avant desquels est placée une vaste fonderie, et dont les machines soufflantes sont mises en activité par deux machines à vapeur de la force de soixante chevaux chacune; de trois feux d'affinerie pour préparer la fonte à sa conversion en fer, lesquels reçoivent le vent des souffleries des fourneaux; et d'un grand bâtiment de forge renfermant les appareils et les machines nécessaires à la fabrication de toute espèce de fer.

C'est de ce dernier bâtiment que nous nous occuperons ici, notre but étant seulement de faire connaître la disposition générale d'une forge à l'anglaise.

Fig. 1. Plan de la forge. *Fig. 2*, coupe longitudinale suivant la ligne 1, 2 du plan. *Fig. 3*, coupe transversale suivant la ligne 3, 4 des *fig. 1* ou 2. *Fig. 4*,

élévation transversale suivant la ligne 5, 6 du plan.

A, A, corps de bâtiment ou halle de la forge.

B, B', bâtimens des machines à vapeur, renfermés dans la halle.

H, H, appentis ou galerie entourant la halle.

V, V', *fig. 1* et 3, machines à vapeur dont chacune fait mouvoir un système de machines, et a une force de 60 chevaux.

Z, Z, fourneaux des chaudières à vapeur avec leur cheminée commune X. Chaque machine à vapeur est alimentée par trois chaudières.

P, P, fours à puddler placés sous la partie de galerie qui entoure le système mû par la machine V.

R, R, fours à réchauffer, à tôle et de fenderie, placés sous une partie de galerie voisine du système mis en mouvement par la machine V'.

T, T, tours pour tourner les cylindres de laminoirs.

Le reste de la galerie est réservé pour recevoir les fers à mesure de fabrication, les dresser, les botteler, etc,

Description du système mû par la machine à vapeur V. — La machine V, fig. 3, au moyen du balancier *q*, *r* et de la bielle *r*, *m*, transmet le mouvement à une forte manivelle *m*. Sur l'arbre qui porte cette manivelle, fig. 1, 2 et 3, est montée une bague en fonte portant des cames qui soulèvent le gros marteau cingleur M, et une grande roue d'engrenage *a*. Cette roue engrène avec un pignon *b*, dont l'arbre porte un volant *v* et un second pignon *c*. Celui-ci donne le mouvement à une roue *d*, qui fait marcher deux paires de laminoirs dégrossisseurs D, D. En *p* sont les pignons correspondant à chaque ligne horizontale des cylindres qui composent ces laminoirs.

e, engrenage recevant le mouvement de la roue *d*, et le communiquant, au moyen d'une manivelle et de renvois de mouvement souterrains, à une grande cisaille C.

L'arbre du pignon *b*, au moyen de pignons *p'*, donne le mouvement à un espataud ou laminoir à cercle E.

Une roue *f*, placée sur le même arbre, engrène avec une roue *g*, dont l'arbre *g*, *h*, passant sous le sol, porte une roue *h* à son autre extrémité. Cette roue donne le mouvement à une roue supérieure qui fait mouvoir un train de petits laminoirs ou petit mill, *l*.

Un pignon *i*, recevant le mouvement de la roue motrice du petit mill, fait tourner un autre train de petits laminoirs *f*.

Description du système mû par la machine V'. — Le mouvement de la ma-

chine est transmis comme précédemment à un bouton *m'*, fixé sur un bras d'une roue d'engrenage. Un arbre portant un pignon *b'* et une bague à came, met en mouvement le martinet M'. *a'* est une grande roue qui, au moyen du pignon *c'*, fait marcher un volant *v'*. L'arbre de ce volant porte une roue *f'*, laquelle, par les roues *g'*, *h'*, fait tourner le laminoir à tôle L et ses pignons *i'*, ainsi que le laminoir cannelé G, dont les pignons sont en *i'*.

Une roue placée à l'extrémité de l'arbre de l'engrenage *a'* transmet, par des renvois souterrains, le mouvement aux tours T, T.

L'arbre du volant *v'* donne le mouvement à un train de laminoirs cannelés I, I, à un espataud E' et à une fenderie F. *k* et *k'* sont les pignons de ces équipages.

L'espataud E' sert à fabriquer des petits fers en rubans, et à préparer les fers pour la fenderie.

Une roue *c'*, au moyen d'une roue inférieure et de renvois sous le sol, fait mouvoir les cisailles C' et C'.

Tout ce système, les laminoirs *l*, *l'*, et l'espataud E, servent à fabriquer les fers finis livrables au commerce. Les autres machines du premier système servent uniquement à préparer ou ébaucher les fers.

La forge de Decazeville est montée pour pouvoir fabriquer jusqu'à dix millions de kilogrammes de fer par an.

Fig. 5. Section transversale de la forge d'Alais (Gard). Les fig. 2 et 3 indiquent un système de charpente à grande portée, applicable à la construction des halles de forges. Mais dans les contrées dépourvues de bois de construction, et privées de communications faciles et économiques, un tel système

serait très dispendieux à établir, et il est préférable de remplacer les fermes en charpente par des fermes en maçonnerie. Tel est le mode adopté par M. Communeau, dans la construction de l'usine d'Alais, dont la disposition est d'ailleurs analogue à celle de Decazeville.

De grands arceaux ogives *a, b, c*, en briques, composent les fermes qui supportent la toiture; et dans le même plan sont les fermes à arceaux des galeries H,

lesquelles servent ainsi de contre-forts aux premières. De petits contre-forts supérieurs et inférieurs C, C, donnent à tout ce système une très grande solidité.

Les arceaux des communications *d, e, f*, entre les galeries et la halle, sont également en ogives, et ceux des portes extérieures de galeries, en cintres surbaissés, ainsi qu'on le voit dans l'arrière-plan de la coupe.

PLANCHE 15.

Disposition des fineries à l'anglaise des forges de Terrenoire, près Saint-Étienne (Loire); échelle de $\frac{1}{1000}$.

Cette usine a deux fineries ou foyers d'affinage pour la fonte, placés dans un même bâtiment, de 7^m de largeur, sur 12^m de longueur intérieurement. L'une de ces fineries, celle représentée dans le plan, *fig. 1*, a six tuyères; l'autre, d'une disposition tout-à-fait semblable, n'en a que quatre.

Fig. 1. Plan d'une finerie et d'une partie du bâtiment.

Fig. 2. Coupe verticale de la finerie et du bâtiment suivant la ligne 1, 2 du plan.

A, A, *fig. 1*, piliers en fonte entre lesquels se trouve comprise l'aire du foyer, et qui supportent la cheminée.

d, d, *fig. 2*, plaques en fonte ou marâtres posées sur les piliers; e, e, autres marâtres posées sur les premières, de manière à former un cadre. Sur ce cadre est construite la cheminée en briques C, C.

Sur l'aire F, F, *fig. 2*, en briques réfractaires, sont posées trois bâches à eau en fonte et à couvercles *b, b*, *fig. 1* et 2, formant l'enceinte du creuset cc.

Ce dernier est fermé sur le devant par une plaque *h, h*, nommée plaque de Chio, portant une échancrure o au milieu de sa base. Cette plaque est maintenue par deux joues en fonte *g g*, sur lesquelles se place la plaque d'appui *ff*.

l, l, l, sont des lingotières en fonte placées jointives en avant du creuset, et un peu au-dessous de la sole ou fond *s, s*, de ce dernier. Ces lingotières s'avancent jusqu'au dehors du bâtiment par une porte P ménagée à cet effet, et sont suivies d'une grande bache en fonte *n n*, dont le bord est au niveau du fond des lingotières.

La fonte, après avoir été affinée, est coulée en plaques dans les lingotières dont l'extrémité est fermée avec de la terre battue; et lorsqu'elle est solidifiée, on la tire dans la bache *n n*, où on la refroidit avec de l'eau.

G, G, *fig. 2*, représente la plaque de fonte affinée placée sur un rouleau *r*, au moyen duquel on la retire de la bache.

B, B, *fig. 1* et 2, grandes plaques

évidées par le bas, posées sur les bâches latérales, et fixées après les piliers A, A. Contre ces plaques sont fixées les plaques de tuyères *p, p*. Ces dernières portent un nombre d'ouvertures égal à celui des tuyères que l'on veut employer.

b', b', fig. 1, bâches en fonte placées de chaque côté du foyer, et contenant de l'eau pour refroidir les outils.

T, T, conduite de vent passant derrière les fineries, et portant des embranchemens pour amener le vent aux tuyères.

P', *fig. 1 et 2*, porte établie derrière le foyer, et par laquelle on amène les fontes à affiner; P'', porte de dégagement placée latéralement.

R, robinet placé près des portes P, pour donner l'eau nécessaire au travail.

Fig. 3. Coupe suivant la ligne 3, 4 du plan, montrant la lingotière à tête *l*. Elle diffère des autres en ce qu'elle est fermée, d'un bout, par une traverse échancrée, destinée à retenir les terres. Les lingotières sont simplement posées sur de la terre battue, et garnies latéralement.

Dans quelques usines, eu vue de prolonger la durée des lingotières, on les pose sur une longue bâche, dans laquelle on fait constamment affluer de l'eau fraîche. La *fig. 4* présente cette disposition en coupe transversale. Entre les lingotières *l* et les rebords de la bâche *m*, on met une garniture en mastic pour retenir l'eau, de manière qu'elle mouille toujours le dessous des lingotières.

Détails à l'échelle de $\frac{1}{100}$. — *Fig. 5*. Élévation de face. *Fig. 6*, élévation la-

térale d'un pilier A supportant la cheminée; *b, b*, patin du pilier; *c, c*, tête à fourche pour recevoir les marâtres inférieures; *t*, talon de support.

D, D, élévation, *fig. 7*, et plan, *fig. 8*, de l'une des plaques sur lesquelles reposent les piliers; *e, e*, ergots entre lesquels sont calés leurs patins. Les plaques D, D sont scellées dans un massif de maçonnerie qui sert de fondation au foyer.

Fig. 9. Coupe transversale. *Fig. 10*, plan d'une des bâches latérales *b; k*, couvercle mastiqué dans une feuillure. On donne actuellement à ces bâches une forme symétrique, en augmentant leur épaisseur de haut en bas, afin qu'étant brûlées d'un côté, on puisse les faire servir de l'autre.

La bâche de derrière, ou de rustine, n'étant pas frappée par le vent des tuyères, est d'épaisseur uniforme, comme l'indique la *fig. 2*. Toutes ces bâches sont entretenues d'un filet d'eau froide.

Fig. 11. Élévation de la plaque de Chio *h, h*. *Fig. 12*, coupe par le trou de Chio *o*.

Fig. 13 et 14. Élévation latérale et bout de l'une des joues *g; i*, échancre pour recevoir un ringard lors de la coulée.

Fig. 15. Élévation par - derrière. *Fig. 17*, coupe d'une plaque de tuyères *p, p; o*, échancre pour passer les tuyères.

Fig. 17. Élévation par-devant. *Fig. 18*, vue par bout de la même plaque.

La Planche suivante offre tous les détails de construction d'une finerie.

PLANCHE 44.

Finerie à six tuyères de la forge anglaise de Terrenoire (Loire), par M. Walter; échelle de $\frac{1}{100}$.

L'usine de Terrenoire, dans laquelle on fabrique annuellement huit à dix mille tonnes de fer, est pourvue de deux fineries pour transformer la fonte en fin métal, l'une à six tuyères, dont on va faire connaître la disposition, et l'autre à quatre tuyères, établie d'une manière analogue. Ces deux feux suffisent amplement aux besoins de la fabrication.

La *fig. 1* représente l'élévation de la finerie par-devant; la *fig. 2*, une coupe transversale, ou suivant la ligne 1, 2 du plan; la *fig. 3* est un plan à la hauteur des tuyères; la *fig. 4*, une coupe longitudinale suivant la ligne 3, 4 du plan; et la *fig. 5*, une élévation latérale.

A, A, *fig. 1* à 5, montans ou supports en fonte, sur lesquels repose la cheminée. Les pieds de ces montans, ponctués *fig. 2* et 4, reposent deux à deux sur une plaque RR, entre les ergots de laquelle ils sont calés solidement. Ces plaques R sont posées sur un massif de maçonnerie, qui les recouvre, et enveloppe le bas des montans jusque près du sol.

D, D; E, E, plaques ou marâtres à talons et à côtes de renfort, portées par les montans, et sur lesquelles est construite la cheminée en briques C.

S, S, *fig. 2*, 3 et 4, sole en briques réfractaires placées de champ. Elle s'élève au niveau du massif, et couvre un espace un peu plus grand que le fond du creuset.

a, a; b, b, *fig. 1* à 5, bâches en fonte et à couvercle hermétiquement

fermé, formant le pourtour du creuset sur trois côtés. Ces bâches sont pleines d'eau, et constamment alimentées par un filet de ce liquide froid, pour qu'elles puissent résister plus long-temps à l'action de la chaleur.

La bache de derrière ou de rustine, a, est à section rectangulaire intérieurement, et d'épaisseur uniforme. Les bâches de côté ou de costières, b, b, ont une section intérieure en forme de trapèze, et présentent, vers le dedans du creuset, une plus forte épaisseur, parce que, placées sous le vent des tuyères, elles seraient trop promptement détruites sans cette précaution.

Actuellement on donne une section symétrique à ces bâches, comme on le voit Pl. 13, *fig. 9* et 10, ce qui permet de les retourner lorsqu'elles sont usées d'un côté. Il est convenable de donner les mêmes formes et dimensions à la bache de rustine; elle dure ainsi plus long-temps, et peut remplacer l'une des autres au besoin.

Ces bâches sont posées sur la sole S, préalablement recouverte d'une couche d'argile réfractaire, pétrie en mortier. La même terre sert à faire les joints des bâches. Les couvercles de ces dernières sont lutés avec du mastic de fonte bien battu dans les joints.

b', b', bâches en fonte contenant de l'eau pour rafraîchir les outils.

B, B, *fig. 2* à 5, plaques de foyer. Elles sont échancrées à la base, pour le passage des tuyères, reposent sur les

bâches de costières, et sont fixées aux montans A, A, par des boulons traversant de petits canons en fonte qui règlent leur écartement.

P, P, plaques de tuyères portant des échancrures O, O, par lesquelles les tuyères s'avancent dans le creuset. Ces plaques sont boulonnées avec les plaques de foyer, et affleurent les bâches de côté.

s, s, *fig. 2 et 4*, sole en sable réfractaire ou en scories riches concassées. Elle est prolongée en dehors par une rigole en sable ordinaire, que l'on fait au moment de la coulée.

t, t, tuyères à eau plongeant dans le creuset, de manière que le vent de l'une frappe le bain de métal vers le milieu, et celui de l'autre vers le côté opposé. Ces tuyères sont disposées alternativement sur les deux costières, *fig. 3*, de manière à répartir le vent plus également.

K, K, *fig. 2 et 5*, petites bâches en fonte placées sur les consoles des montans, et retenues, au moyen de boulons, contre les plaques de foyer B, B. Une conduite de tuyaux N, N, et un robinet R, servent à amener de l'eau dans ces bâches.

r, r, petits robinets adaptés aux bâches K. Sous chaque robinet est un petit entonnoir prolongé par un tuyau en cuivre. Les tuyaux l, l, servent à introduire l'eau dans la double enveloppe des tuyères t, t, pour les rafraîchir; les tuyaux k, k, à alimenter les bâches du creuset, dans le même but.

f, f, *fig. 1, 2 et 5*, bouts de tuyaux recourbés, adaptés aux tuyères pour donner issue à l'eau échauffée; k', k', tuyaux pour évacuer également l'eau chaude des bâches a, b, b, qui entourent le creuset. Ces tuyaux versent leurs

eaux dans les bâches b', b', percées ou échancrées à leur partie supérieure, pour déverser le trop plein.

T, T, *fig. 2 et 3*, conduites de vent terminées par des boîtes à vent ou de distribution. Ces boîtes portent des tubulures H, auxquelles s'adaptent des tuyaux en cuir ou culottes M; à l'autre bout des culottes sont adaptées des buses en tôle m, qui entrent dans les tuyères jusqu'à 10 ou 12 centimètres de l'œil.

h, h, *fig. 1, 3 et 4*, plaque de laitier ou de Chio, fermant le creuset par-devant. Elle est appliquée contre les bâches, et les joints sont garnis en terre réfractaire. Cette plaque a une échancrure o au milieu de sa base, pour faire couler le métal en fusion et les scories.

g, g, joues d'embrasure de Chio. Elles servent à maintenir le laitier et à porter la plaque de devant f, f. Chaque joue a une encoche inclinée, dans laquelle passe un ringard i, i, que l'on place pour y appuyer le perçoir ou ringard avec lequel on débouche le trou de Chio o, au moment de la coulée.

L, L, lingotières en fonte dans lesquelles on reçoit le fin métal en fusion.

Fig. 6. Coupe longitudinale de la boîte à vent. *Fig. 7.* élévation latérale. *Fig. 8.* plan d'une boîte en dessus.

G, G, boîte fermée d'un bout par un tampon fixé au moyen de boulons à pitons; H, H, tubulures de distributions; I, soupape pour régler et arrêter le vent; n, tige de support du levier p q, qui sert à manœuvrer la soupape; q, x, tige fendue et percée de plusieurs trous, pour guider le levier, que l'on retient dans la position voulue au moyen d'une cheville.

Fig. 9. q, x; q', x', vues de face et de côté de la tige directrice du levier.

Fig. 10. Tuyère sur échelle double,

vue du côté de l'œil; *fig. 11*, coupe en long indiquant la double enveloppe en tôle forte. Chaque tuyère est munie d'une queue en fer, pour la manier plus facilement.

Fig. 12. Coupe transversale d'une lingotière en fonte; et *fig. 13*, coupe d'une lingotière suivant la ligne 3, 4 du plan, *fig. 3*.

PLANCHE 45.

Four à puddler de l'ancienne forge à l'anglaise de Charenton (Seine), et de celle du Creusot (Saône-et-Loire); échelle de $\frac{1}{16}$.

L'usine du Creusot, montée pour produire dix à douze mille tonnes de fer par an, renferme dix-huit fours à puddler dans lesquels le fin métal provenant des fineries est transformé en fer ductile.

La *fig. 1* représente l'un de ces fours vu par-devant.

La *fig. 2* un plan du four, la voûte étant ôtée, ou une coupe horizontale suivant la ligne 1, 2, 3, 4, *fig. 3*.

La *fig. 3* est une coupe verticale faite suivant la ligne 5, 6 du plan.

On a représenté ici un four isolé, mais plus ordinairement on les accouple en les adossant deux à deux. Dans tous les cas, chaque four doit avoir sa gaine de cheminée particulière.

A, A, *fig. 1*, montans à pattes et à fourchettes, au nombre de quatre, reposant sur une fondation solide. Contre ces montans, on élève deux forts piliers en briques ordinaires, laissant entre eux l'espace nécessaire pour construire la partie inférieure de la gaine de cheminée. D, D, *fig. 2* et 3, représentent ces piliers, et R, R, indiquent la partie de la gaine construite en briques réfractaires.

B, B, *fig. 1* et 2, fortes plaques à tisons, reposant sur les montans, et maintenant leur écartement.

C, C, autres plaques semblables embrassant les extrémités des plaques B.

Ces plaques forment un cadre solide sur lequel on construit la partie supérieure de la cheminée, et qui permet de réparer la partie inférieure, la seule endommageable, sans avoir d'accidens à craindre.

La gaine de la cheminée est toute en briques réfractaires, en ayant soin de placer toujours les meilleures vers le bas; ses dimensions sont uniformes dans toute la hauteur.

L'extérieur se monte en bonnes briques ordinaires, avec des retraits successifs, et on consolide la construction au moyen d'ancre en fer aa, retenues par des tirans à boucles.

Le dessus de la cheminée est recouvert d'un cadre en fonte EE, boulonné sur les ancras supérieures. Un support en fer bc traverse cette plaque et porte un levier de, à l'une des extrémités duquel est suspendue une plaque ou registre en fonte, servant à fermer la cheminée au besoin et à régler le tirage; une chaîne ef, accrochée à l'autre bout du levier, sert à le manœuvrer.

La construction de la cheminée est toujours indépendante de celle du four.

N, N, *fig. 2*, maçonnerie extérieure du four en briques ordinaires; O, O, maçonnerie intérieure toute en briques réfractaires, à partir de la grille Q et de la sole SS, *fig. 2* et 3.

P, *fig. 1* et 2, porte pour le chargement de la fonte; T, tisdard ou gueulard pour jeter le combustible sur la grille.

G, G, H, I, *fig. 1* et 2, plaques d'armature garnissant les deux grands côtés du four; elles sont maintenues solidement par des plaques d'appui M, M, dont les pieds se logent dans la fondation du four, et dont les têtes sont serrées deux à deux par des tirans à boulons. Des plaques semblables maintiennent les deux bouts du four.

K, K, *fig. 1*, cadre de porte retenu par les plaques d'appui voisines; P', P', dessous de porte sur lequel repose le cadre.

g, g, plaque de dessous du tisdard.

V, V, *fig. 3*, voûte en briques réfractaires.

SS, *fig. 2* et 3, sole en fonte, d'une seule pièce, dont le pourtour repose sur briques ordinaires; le dessous de la sole est laissé vide afin que l'air la rafraîchisse, et qu'elle se détruise moins promptement.

P', *fig. 2* et 3, autel ou pont de chauffe; P'', pont de chio, par-dessus lequel s'écoulent les scories. Ces dernières tombent dans le bas de la cheminée, et sortent par un trou *t* que l'on nomme *floss* ou *chio*.

Q, *fig. 2* et 3, grille à barreaux en fer, reposant sur des sommiers en fonte *ii*.

o, plaque en fonte placée un peu au-dessus de la grille, pour soutenir la maçonnerie supérieure.

h h, *fig. 3*, 23 et 24, plaque servant à consolider le bout du four; elle est percée de petites ouvertures rectangulaires par lesquelles on passe le tisonnier et les barres dites *gouvers*, qui servent à manœuvrer les loupes sous le marteau.

Détails à l'échelle de $\frac{1}{11}$. — *Fig. 4*

et 5. Profil et vue de face des montans de cheminée.

Fig. 6, 7 et 8. Plaques de cadre B, B, C, C en plan et élévation. *Fig. 9*, coupe transversale de ces plaques.

Fig. 10 et 11. Élévation et plan du cadre EE qui recouvre la cheminée.

Fig. 12 et 13. Élévation et plan du registre.

Fig. 14 et 15. Élévation et plan du dessous de porte P' P', *fig. 1*.

Fig. 16. Élévation du cadre de porte. *Fig. 17*, coupe de ce cadre suivant la ligne 9, 10 de la figure précédente.

Fig. 18. Élévation intérieure de la porte du four. *Fig. 19*, coupe suivant la ligne 11, 12 de l'élévation. *Fig. 20*, coupe suivant la ligne 13, 14. Le creux de cette porte est garni en briques réfractaires, afin qu'elle résiste au coup de feu.

Fig. 21. Élévation d'une plaque d'appui d'armature. *Fig. 22*, coupe transversale de cette plaque suivant la ligne 15, 16.

Fig. 23. Élévation de la plaque h, h vue en coupe, *fig. 3*. *Fig. 24*, coupe suivant la ligne 17, 18 de l'élévation; o, o, ouvertures rectangulaires dont il a été parlé précédemment.

Fig. 25. Élévation antérieure d'un tisdard. *Fig. 26*, coupe suivant la ligne 19, 20.

Fig. 27 et 28. Élévation et plan du dessous de tisdard g g, *fig. 1*.

Fig. 29. Sommier de grille vu latéralement. *Fig. 30*, coupe de ce sommier.

Fig. 31. Coupe longitudinale de la sole du four. *Fig. 32*, plan de cette sole, indiquant son tracé et ses dimensions.

Fig. 33. Élévation par-devant de l'un des fours à puddler des forges de Terrenoire (Loire). Les plaques d'armature

et leurs appuis sont coulés ensemble et font corps; des tirans à boulons serrent les armatures par le bas et par le haut. Il y a sous le seuil de porte P'P', un trou O destiné à faire écouler les scories au besoin; on bouche ce trou avec de la terre réfractaire.

o, o, sont de petites ouvertures au nombre de deux ou trois, dans lesquelles on passe les goudres pour les chauffer. On évite ainsi d'introduire de l'air froid immédiatement au-dessus de la grille, et en aussi grande quantité que par la disposition des fours précédemment décrits.

Le reste de la construction et de la disposition est semblable à celles de ces derniers fours.

Fig. 34. Coupe d'un tisdard des fours de Terrenoire.

Fig. 35. Plan de la plaque de dessous du tisdard, portant des nervures pour le retenir latéralement. Fig. 36, coupe transversale de cette plaque, indiquant la saillie des nervures.

On trouvera dans la Pl. 16, fig. 9 à 13, les détails d'une sole en fonte employée pour les fours à puddler de l'usine de Terrenoire.

PLANCHE 16.

*Four à puddler à double sole des forges de Bologne (Haute-Marne);
échelle de $\frac{1}{4}$.*

Ces fours, également en usage dans les forges anglaises de Bologne, de Châtillon (Côte-d'Or), ainsi que dans les forges à procédés mixtes, telles que celles de Jean-d'Heurs (Meuse), diffèrent des précédents, en ce qu'ils ont une seconde sole ss, fig. 1 et 2, placée entre la sole de travail SS et la cheminée. Cette seconde sole sert à chauffer la fonte avant de la porter sur la sole de puddlage, ce qui accélère l'opération, et procure une économie de combustible.

La fig. 1 est un plan du four au-dessus des soles, ou suivant la ligne 1, 2 de la fig. 2.

La fig. 2 représente une coupe longitudinale du four, passant par le milieu.

Fig. 3. Élévation du four par-devant.

Fig. 4. Coupe suivant la ligne 3, 4 de la fig. 2.

Fig. 5. Coupe suivant la ligne 5, 6; et, fig. 6, coupe suivant la ligne 7, 8.

La construction et la disposition de ce

four étant tout-à-fait analogues à celles du précédent, on se bornera à indiquer les différences principales.

Le four à puddler proprement dit, c'est-à-dire la grille Q et la sole de travail SS, fig. 1 et 2, sont semblables aux mêmes parties du four représenté Pl. 15, et les mêmes lettres représentent les mêmes objets. Les laitiers, au lieu de tomber dans la cheminée, sont reçus ici dans une espèce de fosse placée entre les deux soles, et s'écoulent par un trou de chio 1, qui débouche à la partie postérieure du four, fig. 1, 2 et 4.

La grande sole SS est soutenue par des plaques en fonte, et se compose de scories concassées; la petite sole ss est au contraire sur massif, et elle est construite en briques réfractaires placées de champ.

L'armature du four se compose de simples plaques d'appui, boulonnées comme l'indiquent les fig. 1 à 6; mais

le bout du four et le côté opposé au tisdar sont soutenus par des plaques II, *fig. 1 et 2, II, fig. 1 et 6.*

Pour maintenir les voûtes du côté de l'embrasure de chio, on a placé des tirants à crochets *mm*, *fig. 2 et 4*; mais des plaques d'appui eussent été préférables.

La cheminée est construite et armée comme celle du four de la Pl. 15, seulement les moutans de la base sont placés sur les faces latérales, et l'on a pratiqué dans la maçonnerie extérieure des soupiraux *bb* qui exposent moins la cheminée à se crevasser, parce que le dégagement des vapeurs d'eau se fait plus facilement.

Sur le devant du four, *fig. 3*, sont des supports en fer *EF*, *EF*, auxquels s'adapte une traverse *GG*. Ces supports servent de point d'appui à des leviers *l'l*, qui, au moyen de contre-poids *L*, permettent d'équilibrer et de manœuvrer facilement les portes.

Sur la traverse *GG* court une poulie *c* portant une chaîne à crochet *de*. Lorsque l'ouvrier veut porter la fonte de la petite sole sur la grande, il introduit une pelle en fer par la porte *p*, la charge, puis appuyant le manche sur le crochet *e*, il la retire et la pousse jusqu'à la porte *P* du four à puddler. La *fig. 5* fait voir la disposition latérale des leviers et de la traverse.

Détails à l'échelle de $\frac{1}{11}$. Fig. 7, plan des plaques de sole. On en emploie ordinairement trois et quelquefois quatre, afin de pouvoir changer séparément celles qui se détériorent. *Fig. 8*, élévation des plaques montrant leur épaisseur.

Fig. 14. Détail de l'une des portes *p* et de sa plaque de seuil *qq*; *n*, *fig. 3 et 14*, plaque de regard à talon, avec laquelle on bouche le trou de la porte; dans cette plaque est un petit trou par lequel l'ouvrier observe la marche du travail, et qu'il ferme avec un bouchon d'argile.

Fig. 9. Élévation antérieure d'une grosse sole en fonte, employée pour le puddlage sur fonte aux forges de Terrenoire. *Fig. 10*, plan de cette même sole. Elle est faite en deux pièces, parce que l'avant-sole, c'est-à-dire la partie avoisinant l'autel ou le pont de chauffe, s'usant plus vite que l'autre, il est nécessaire de la remplacer plus souvent. Dans la partie antérieure qui forme l'appui de la porte, est percé un trou pour faire écouler les laitiers, lorsque la sole se creusant, ils ne peuvent plus couler en totalité vers la cheminée.

Fig. 11. Coupe de l'avant-sole suivant la ligne 9, 10, *fig. 10*. *Fig. 12*, coupe de la même partie suivant la ligne 11, 12. *Fig. 13*, coupe de l'arrière-sole suivant la ligne 12, 13.

PLANCHE 47.

Marteau frontal des forges du Creusot (Saône-et-Loire); échelle de $\frac{1}{18}$.

Ce marteau, dont toutes les pièces sont en fonte, est, sauf quelques légères variations dans les dimensions, celui qui est employé dans toutes les forges à l'anglaise de France et d'Angleterre.

La *fig. 1* le représente en élévation

latérale, la charpente sur laquelle il est établi étant supposée déchaussée jusqu'à la maçonnerie de fondation.

La *fig. 2* est une vue en plan prise au-dessus du marteau.

La *fig. 3* est une vue par derrière.

A, A, *fig. 1* et 2, grand arbre en fonte, portant à l'une de ses extrémités une manivelle, mise en mouvement par une machine à vapeur; T, T, support portant l'un des tourillons de cet arbre.

B, B, *bague à cames*, solidement fixée sur l'arbre A A, et dans laquelle sont placées cinq cames C, C; ces cames sont maintenues invariablement dans leurs logements par des cales en bois de chêne i et i'.

M, M, *manche de marteau* dont les différentes parties sont : la *croisée* G G sur les tourillons t, de laquelle s'exécute le mouvement de rotation; la *tête* D D, dans laquelle est pratiqué un trou conique O, que l'on nomme *œil*, pour recevoir la queue du marteau P; cette queue est fixée dans l'œil au moyen de cales en fer et en bois; les *oreilles* E E, formant une assez forte saillie sur la tête, et destinées à refouler les bouts des lopins de fer; le *front* ou *mentonnet* F, qui est la partie saisie par les cames.

a, *fig. 1*, plaque de mentonnet ou de frottement des cames; elle est en fer, et fixée au front par un boulon b à tête fraisée.

P, *marteau* en fonte fixé dans la tête du manche.

Q, *enclume* également en fonte, dont la queue s'engage dans une *chabotte* H H.

K, K, lit ou plaque de chabotte, boulonnée sur une forte charpente inférieure.

S, S, *fig. 1, 2* et 3, support de la croisée du manche; c c, coussinet en fonte dure, placé sur une forte cale en

fonte ou mieux en bois e. Cette cale, ainsi que le coussinet, sont retenus latéralement par les joues ff du support, et des cales en fer dd, maintiennent le coussinet dans le sens de sa longueur.

L L, *fig. 1, 2* et 3, lit ou plaque de support; cette plaque porte six oreilles R, R, qui servent à la boulonner sur la charpente de fondation, et des *ergots* ou épaulements N, N, entre lesquels les patins ou pieds de support sont fortement serrés par des cales en fer g g.

V, V, *fig. 1* et 3, massif en charpente, formé par des longrines et des traversines juxta-posées et chevillées entre elles. Ce massif repose sur une bonne maçonnerie de fondation en pierre de taille U U.

X X, exhaussement du massif en charpente, pour élever les supports S, S, à hauteur convenable.

Y, Y, *fig. 1* et 2, exhaussement semblable pour recevoir le support T T.

De forts boulons à clavettes servent à fixer invariablement sur ces massifs de charpente les plaques de support et de chabotte.

Fig. 4. Plaque de support vue séparément. *Fig. 5*, coupe de cette plaque suivant la ligne 1, 2. Les mêmes lettres représentent les mêmes objets que dans les figures d'ensemble.

La bague à cames fait 16 à 18 tours par minute, en sorte que le marteau frappe de 80 à 90 coups dans le même temps. Le poids du manche du marteau est d'environ 3,500 kil., et celui d'un marteau est de 400 à 425 kil.

PLANCHE 48.

Détails du marteau frontal du Creusot; échelle de $\frac{1}{11}$.

Fig. 1. Bague à canes, vue de côté. *Fig. 2.*, coupe suivant la ligne 11, 12, *fig. 1.* Elle porte cinq logemens de canes *b d*, dont la partie *b* est un prisme rectangulaire, et la partie *d* un tronc de pyramide ayant deux faces contiguës dans le prolongement de celle du prisme, et les deux autres inclinées pour former queue d'aronde.

ee, épaulements coulés avec la bague, servant d'appui aux cales des canes, et augmentant ainsi la portée de ces dernières.

11, lumière carrée, dans laquelle passe l'arbre de rotation.

C C, *fig. 1* et *2*, came placée dans son logement.

Fig. 3. Came vue de côté. *Fig. 4*, came vue de face.

t, tête de came ou came proprement dite; les parties *a* et *q* sont le corps et la queue de la came.

Fig. 5. Chabotte *HH* placée sur sa plaque *KK*, vues partie en coupe, partie en élévation. *Fig. 6*, plan d'une moitié de chabotte et de sa plaque; *q*, logement de la queue de l'enclume; *11*, mortaise traversant la chabotte de part en part, et dans laquelle on chasse un coin de fer, lorsqu'on veut soulever l'enclume pour la retirer.

Fig. 7. Enclume *QQ* vue en dessous; même pièce vue de côté, *fig. 8*, et en dessus, *fig. 9*; *m*, queue de l'enclume; *t*, sa table sur laquelle on commence à cingler les lopins de fer affinés; *p*, panne à parer le fer; *r*, panne à étirer; *ss*, renforts placés dans les angles des deux pannes.

Fig. 9. Plau du marteau vu en dessous, semblable en tout à la partie correspondante de l'enclume, et composé des mêmes parties. *Fig. 10*, marteau vu de côté; et, *fig. 11*, marteau vu par-devant. Les lettres *p*, *r*, *s* indiquent les différentes parties percant les parties du marteau, dont les noms sont les mêmes que ceux des parties correspondantes de l'enclume. *n*, queue du marteau de forme conique, et dont le bout est coupé à huit pans pour recevoir les cales.

Fig. 12. Coupe et élévation du support *SS* de la croisée du manche de marteau. *Fig. 13*, plan de ce support. *Fig. 14*, coupe suivant la ligne 9, 10, *fig. 13*. *ff*, joues entre lesquelles sont retenus les coussinets; *m*, mortaises par lesquelles on introduit les cales et les coins de dessous.

Fig. 15. Élévation; *fig. 16*, plau d'un coussinet du support précédent. Ces coussinets sont en fonte.

Fig. 17 et *18.* Vues de face et de côté de l'une des cales de bouts de coussinets.

Fig. 19. Arbre en fonte sur lequel sont placés : en *A*, la manivelle qui lui transmet le mouvement; en *V*, un volant dont le poids de la jante est d'environ 4,000 kil; et, en *B*, la bague à canes. *t*, *t*, tourillons de l'arbre; *p*, collet embrassé par une courroie ou une chaîne, pour donner le mouvement à un pendule conique, lorsque le moteur est une machine à vapeur.

A, *fig. 20*, vue du bout de l'arbre du côté de la manivelle; *V*, *fig. 21*, coupe suivant la ligne 1, 2, *fig. 19*.

Fig. 22. Coupe dans le milieu de l'arbre, suivant la ligne 3, 4; *C, fig. 23,* vue de l'arbre par bout, du côté de la bague à cames.

Fig. 24 et 25. M, manivelle vue de face et de côté; O, lumière du moyeu; o, œil du manneton; m, manneton en fer auquel vient s'adapter la bielle de la machine à vapeur.

Fig. 26. Élévation du support de l'arbre, *fig. 19,* du côté de la bague, et coupe suivant la ligne 7, 8 du plan. *Fig. 27,* plan de ce support. *Fig. 28,* coupe suivant la ligne 5, 6 du plan. c, c, joues latérales pour maintenir les coussinets; a, coussinet inférieur en

bronze; bb, ponetnois, *fig. 26,* coussinets latéraux également en bronze. Les *fig. 29 et 30* font voir ces dernières pièces en élévation et en plan; et les *fig. 31 et 32* représentent le coussinet inférieur vu par bout et en plan.

Fig. 33. Vue en dessus du support de l'arbre, *fig. 19,* du côté de la manivelle. *Fig. 34,* élévation de ce même support; et, *fig. 35,* plan de la même pièce, le chapeau étant enlevé. Dans la partie inférieure du support est un coussinet demi-cylindrique en bronze, et le chapeau est garni d'une simple plaque de même métal.

PLANCHE 49.

Laminoin dégrossisseur de l'usine du Creusot; échelle de $\frac{1}{11}$.

Le laminoin représenté par cette planche a ses cylindres disposés pour recevoir les balles ou loupes immédiatement au sortir des fours de puddlage, quoique le plus ordinairement ces loupes soient d'abord englées et écarries sous le marteau, et passées ensuite au dégrossisseur sans recevoir une nouvelle chauffe.

La *fig. 1* est une élévation du laminoin, dont chaque cylindre C, C' est mis en communication avec un pignon P, *fig. 3,* qui lui transmet le mouvement.

La *fig. 2* est une coupe horizontale faite suivant la ligne 1, 2, *fig. 1,* le laminoin étant séparé de ses pignons.

DAE, DAE, *fig. 1,* cages ou fermes vues de profil, entre lesquelles sont placés les cylindres, et dont l'écartement est maintenu par deux forts boulons aa, de chaque côté. AA, *fig. 1 et 2,* montants de cage; E, E, semelles ou patins, dont chaque extrémité est percée de deux trous destinés au passage des bou-

lons qui fixent les cages, soit sur une forte plaque en fonte, soit immédiatement sur la charpente de fondation; DD, *fig. 1,* têtes dans lesquelles sont logés de forts écrous en cuivre, avec leurs vis de pression V, V; CC, *fig. 1,* cylindre mâle ou supérieur; C' C', *fig. 1 et 2,* cylindre femelle ou inférieur; G, G, tourillons ou collets; F, F, tringles destinés à s'emboîter dans les manchons M, au moyen desquels, et des allonges L, on établit la communication entre les cylindres et les pignons.

Les deux cylindres portent deux séries de cannelures, les unes en forme d'ogives, se rapprochant peu à peu du carré, les autres plates; elles sont et doivent être disposées de manière que celles de moindres dimensions se trouvent vers le milieu des cylindres.

Chaque montant A, *fig. 2,* porte une rainure c, du côté de l'intérieur; et dans les rainures d'un même côté des cylin-

dres sont fixées, à hauteur convenable, des barres de fer horizontales *b b*, *b b*, de 4 $\frac{1}{2}$ à 5 centimètres d'écartissage.

Sur ces barres sont posés (comme l'indique la *fig.* 1, Pl. 20) : du côté de l'entrée des cylindres, c'est-à-dire du côté où l'ouvrier introduit le fer dans les cannelures, une plaque de fonte II III, que l'on nomme *tablier*; et du côté opposé, d'autres plaques de fonte II, K K, que l'on nomme *gardes*.

Le tablier sert à soutenir le fer à hauteur des cannelures, et ses extrémités sont plus larges que le centre, afin que le fer, encore peu étiré dans les grandes cannelures, puisse s'y poser et y être repris sans aisément. Les gardes servent à recevoir le fer à la sortie des cylindres, et à l'empêcher de s'enrouler autour de celui de dessous; à cet effet, elles ont des saillies qui s'introduisent dans les cannelures, et touchent presque le cylindre inférieur.

N B E', N B E', *fig.* 3 et 4, cages des pignons vues de profil et de face. Dans la dernière figure, on suppose la cage antérieure enlevée.

B, B, *montant* de cages; E' E', *semelles* boulonnées, soit sur plaque en fonte, soit immédiatement sur charpente, comme les cages de cylindre; N N, *chapeaux* fixés sur les montans par les boulons *t t*, et leurs écrous O, O. X X, Y Y, *porte-coussinets* en fonte; entre le dernier et le chapeau, on place une pièce de bois qui remplit l'intervalle, et ne laisse que le jeu nécessaire au libre mouvement de rotation.

Les tourillons des pignons et leurs trèfles E' F', ont les mêmes dimensions

que les tourillons et les trèfles des cylindres.

Fig. 5. Cage de pignon sans son chapeau, et dans laquelle on a représenté en ponctué les différentes pièces de garniture des tourillons.

Fig. 6. Coupe de cette cage suivant la ligne 3, 4, *fig.* 5. *Fig.* 7, chapeau N N vu en dessus.

n, *fig.* 5, 8 et 9, coussinet inférieur en cuivre, qui se loge dans la semelle en *n'*, *fig.* 6; o, o, *fig.* 5, coussinets de côté du pignon inférieur, placés dans les entailles o', o', des montans, *fig.* 6; X X, *fig.* 5, 10 et 11, porte-coussinet double, dont les tenons entrent dans les rainures *z z*, *fig.* 6, qui règnent jusqu'au sommet des montans; *p*, *q*, coussinets en cuivre, le premier reposant sur le tourillon du pignon inférieur, le second portant le tourillon du pignon supérieur; Z, Z, *fig.* 5, 12 et 13, *bloches* en fonte, placées dans les rainures *z z*, *fig.* 6; ces bloches sont garnies de coussinets latéraux *r*, *r*. Y Y, *fig.* 5, porte-coussinet supérieur garni de son coussinet *z*.

Les boulons *t t*, *fig.* 4 et 5, sont logés dans des trous réservés à la fonte, et retenus dans les montans par des clavettes *u u*.

Nota. Vu le peu d'espace, les manchons M, M, *fig.* 1 et 3, n'ont pu être séparés suffisamment. Leur distance doit être un peu plus grande que la longueur d'un manchon, pour qu'on puisse les mettre et les ôter avec facilité. La cote indique leur distance telle qu'elle doit être.

PLANCHE 20.

Suite et détails de laminoirs dégrossisseurs; échelle de $\frac{1}{4}$.

Fig. 1. Coupe transversale du laminoir représenté *fig. 1*, Pl. 19, montrant l'uo des cages en élévation intérieure, et la position du tablier HH, ainsi que des gardes II.

Fig. 2. Coupe horizontale suivant la ligne 1, 2, *fig. 1*, les cylindres et toutes les garnitures de tourillons étant enlevés.

Fig. 3. Elévation intérieure d'une cage vue séparément, et dans laquelle sont ponctuées toutes les garnitures.

Fig. 4. Plan d'une cage vue en dessus.

Fig. 5. Coupe verticale d'une cage suivant la ligne 3, 4, *fig. 3*, toutes les garnitures étant enlevées.

Les parties principales étant déjà connues par ce qui précède, on ne parlera ici que de celles dont il n'a pas encore été fait mention, ou dont la description n'a pu être complétée.

a' a', *fig. 1* et 3, trous réservés dans les montans, haut et bas, pour le passage des boulons d'écartement des cages. Ces trous sont entourés de rondelles en fonte coulées avec les cages.

cc, *fig. 1*, 2 et 3, rainures réservées dans les montans A A, du côté intérieur, pour recevoir les barres de fer *bb*, *fig. 1*, qui portent le tablier HH et les gardes II.

ll, *fig. 1*, 2, 3 et 5, nervures des montans du côté extérieur, pour retenir les garnitures de tourillons.

g, *fig. 3*, 16 et 17, coussinet en bronze recevant un des tourillons du cylindre inférieur. Il est logé entre les deux saillies *ff* de la semelle, *fig. 2* et 3.

RR, *fig. 1*, 3, 14 et 15, chapelle en fonte recouvrant les tourillons inférieurs,

et portant les supérieurs sur des coussinets *hh*. On exhausse coaveablement les chapelles en les faisant porter sur des tasseaux en bois ou en fonte. Cette disposition permet de varier les diamètres de cylindres sans changer ces garnitures.

S, S, *fig. 1*, 3, 18 et 19, blocs en fonte portant les coussinets latéraux *ii*.

T, T, *fig. 1*, 3, 12 et 13, porte-coussinet supérieur avec son coussinet *k*.

U, *fig. 1*, 3, 10 et 11, bloc en fonte dont le dessus est un peu concave pour recevoir le bout de la vis.

V, *fig. 1*, 3 et 6, vis de pression en fer à filets carrés; la *fig. 7* est une vue de la vis en dessus, indiquant la forme octogonale de sa tête.

ee, *fig. 3*, 8 et 9, écrou en enivre jaune ou en bronze, logé dans le trou de la tête de cage Q, *fig. 4* et 5, et calé ou serré de manière à oe pouvoir descendre par son propre poids.

Fig. 20. P, pignon de laminoir; G', G', ses tourillons; F' F', ses trèfles, de mêmes dimensions que ceux des cylindres. *Fig. 21*, pignon vu moitié en coupe, moitié en élévation par bout, et montrant la denture encastree en partie. F' représente la moitié d'un trèfle.

Fig. 22. Allonge vue de côté. *Fig. 23*, même pièce vue par bout; elle a la même forme que les trèfles, et sa longueur, indiquée par la cote, doit être un peu plus du double de celle d'un maillon.

Fig. 24. Manchon vu par bout.

Fig. 25, coupe longitudinale d'un manchon. L'évidement intérieur a une forme

semblable à celle des trèfles et allonges, grandes, pour laisser le jeu nécessaire mais ses dimensions sont un peu plus agglissement du manchon sur ces pièces.

PLANCHE 21.

Cisailles de l'usine du Creusot; échelle de $\frac{1}{18}$.

On fait usage dans les forges à l'anglaise de deux espèces de cisailles; les unes, représentées par la *fig. 1*, sont nommées *cisailles à queue*, et sont surtout employées à couper les fers de petit échantillon, et à rogner les grosses tôles; les autres, vues en élévation latérale, *fig. 10*, sont nommées *cisailles droites*, et sont spécialement employées à couper les gros fers. Les premières peuvent servir au même emploi, en leur donnant une force suffisante.

Fig. 1. Élévation latérale d'une cisaille à queue toute montée.

Fig. 3 et 4. Partie supérieure de la cisaille, vue séparément de profil et de face.

CD, *fig. 1, 3 et 4*, cisaille se composant d'une mâchoire M, d'une tête D, et d'une queue CC. Elle est percée d'un trou GG, nommé *œil*, dans lequel passe un boulon b, *fig. 1 et 7*, autour duquel s'opère le mouvement de rotation. Ce boulon est retenu par une clavette dd. La mâchoire de la cisaille porte une entaille rectangulaire a'a', *fig. 3 et 4*, dans laquelle s'adapte un couteau en acier aa, *fig. 1*, fixé par des boulons à tête fraisée.

A A, *fig. 1 et 2*, bloc ou support de cisaille, coulé d'une seule pièce avec sa semelle SS; II, cotes de renfort. Dans la semelle est réservée une ouverture NN, pour le passage et le mouvement de la queue de la cisaille.

B, B, *poupée* de support, vue de face

et de profil, *fig. 5 et 6*; elle est fixée par des cales en fer sur la semelle du bloc, entre les ergots EE, *fig. 1 et 2*, et porte l'extrémité du boulon b. Une forte côte de renfort H, empêche toute flexion latérale du montant.

c, c, *fig. 1 et 8*, couteau en acier fixé par des boulons à tête fraisée, dans une entaille du bloc, pour former la mâchoire inférieure de la cisaille. La *fig. 9* représente séparément un de ces boulons avec son écrou.

La semelle du bloc étant posée sur une fondation en charpente ou maçonnerie à fleur de sol, la queue de la cisaille descend entre les deux parois de cette fondation. A son extrémité est adaptée une bievle tirante KL, qui reçoit le mouvement, soit d'une manivelle ordinaire, soit d'un bras d'engrenage disposé en manivelle.

Les cisailles à queue ont cela d'avantageux, qu'on peut leur donner le mouvement à une grande distance, avec ou sans changement de direction, ce qui permet de les placer là où elles sont immédiatement nécessaires, ou de les éloigner d'un atelier dont elles gêneraient le service.

Fig. 10. Élévation latérale d'une cisaille droite toute montée.

Fig. 11. Vue en dessus de cette cisaille; et, *fig. 12*, vue par bout du côté de la tête.

Le bloc, sa poupée, et l'ajustement de la cisaille, sont disposés d'une ma-

nière semblable à celle décrite précédemment; les mêmes parties sont indiquées par les mêmes lettres, et portent le même nom, à l'exception de la partie C.C, fig. 10 et 11, qui prend ici le nom de bras.

Ce bras est mis en mouvement au moyen d'un excentrique G.G, monté sur un arbre en fonte FF, lequel porte une roue à dents qui engrène avec l'une des roues du mécanisme moteur de la forge.

L'excentrique, vu séparément de face et en coupe, fig. 14 et 15, en tournant avec l'arbre, élève à chaque tour le bras de la cisaille, et fait fermer les mâ-

choires. On voit en G'G', la position de l'excentrique correspondante à la plus grande élévation du bras en C'C'.

La fig. 13 représente une élévation du bloc de la cisaille, séparé de toutes les autres pièces. Vis-à-vis les ergots E.E, sont réservées dans la partie droite A.A, deux ouvertures o.o, par lesquelles on repousse les coins lorsqu'on veut démonter la poupée. c'c' représente l'évidement dans lequel se place le couteau de la mâchoire inférieure.

Le mouvement des cisailles est réglé de manière qu'elles donnent de 30 à 32 coups par minute.

PLANCHE 22.

*Four à réchauffer des forges d'Abersychan, pays de Galles, par
M. Ph. Taylor; échelle de $\frac{1}{100}$.*

La disposition et la construction des fours à réchauffer ont la plus grande analogie avec celles des fours à puddler décrits Pl. 15; et dans quelques usines, il n'existe pas de différences sensibles entre les formes intérieures de ces deux espèces de fours, dont le but n'est cependant pas le même. Mais l'expérience a démontré que la forme intérieure des fours à réchauffer influe beaucoup sur les débets, ainsi que sur la consommation de combustible; et, sous ce double rapport, on peut considérer les fours construits par M. Taylor comme donnant de très bons résultats.

Fig. 1. Four vu par-devant, ou du côté de la porte de chargement.

Fig. 2. Coupe longitudinale du four et de sa cheminée.

Fig. 3. Plan du four pris au-dessus de la sole.

Fig. 4. Élévation latérale du four du côté du cendrier.

Fig. 5. Élévation latérale du côté de la cheminée.

Fig. 6. Coupe horizontale au-dessus des plaques de support de la cheminée, ou suivant la ligne 1, 2, de la fig. 5.

Fig. 7. Coupe horizontale de la cheminée suivant la ligne 3, 4, fig. 4.

La cheminée E.E de ce four est construite comme celles des fours à puddler, sur des montans A, A, fig. 1, 3 et 5, recouverts de plaques à nervures B.B et C.C, fig. 2, 4 et 6, formant le cadre qui porte la partie supérieure. Entre les plaques supérieures C.C, fig. 6, sont placées d'autres plaques unies D.D, reposant sur les plaques B.B, et qui ont pour but de former une assise de niveau. Les montans A ont une forte nervure intérieure, comme l'indique la fig. 3,

portent à leur partie inférieure une pate *fg*, qui repose sur la maçonnerie de fondation *M*, *fig.* 2; et à leur partie supérieure, une autre pate *de*, qui sert d'appui aux plaques *BB* et *CC*. Aux montans *AA* sont boulonnées des plaques *ll*, *fig.* 1 et 3.

La maçonnerie extérieure de la cheminée, vue suivant l'axe du four, est divisée en deux parties, laissant entre elles un intervalle *LL*, *fig.* 4, 5 et 7, au moyen duquel on peut construire séparément la partie en briques réfractaires *RR*, ou la réparer au besoin. La hauteur totale de la cheminée et ses armatures sont les mêmes que pour les fours déjà décrits.

Le four est construit sur deux petits murs *M'*, *M'*, *fig.* 4, qui forment la fosse *FF* du cendrier, *fig.* 2 et 4, laquelle se prolonge comme l'indique la partie ponctuée de la *fig.* 2, pour donner au chauffeur un libre accès à la grille du four.

Sur les murs *M'*, *M'*, sont posées des plaques de fonte *pp*, *fig.* 2, 4 et 5, à fleur de sol, et sur ces plaques reposent immédiatement celles qui forment l'enveloppe extérieure du four, indiquées par les lettres *G*, *H*, *I* et *h*, *fig.* 1, 2, 3 et 4. Ces plaques d'enveloppe sont boulonnées entre elles et avec les montans de cheminées qui les joignent.

Aux plaques d'enveloppe sont boulonnées de chaque côté des consoles en fonte *NN*, *fig.* 2 et 4, sur lesquelles reposent les supports de grille *ii*, la plaque de support du pont de chauffe *P'*, et les plaques de sole *nn*, soutenues transversalement par des barres de fer.

La maçonnerie intérieure du four s'élève sur les consoles, comme l'indiquent les *fig.* 2, 3 et 4; le fond du cendrier est pavé en briques de champ.

Ce mode de construction, applicable

d'ailleurs à tous les fours de même genre, est très solide, évite les plaques d'appui d'armature et leurs tirans en fer, et permet en outre de réduire la maçonnerie du four au seul briquetage réfractaire *oo*, ce qui réduit l'espace occupé en largeur par le four.

La sole du four *SS*, *fig.* 2 et 3, est de forme rectangulaire, rétrécie par des arcs de cercles près de l'ouverture de la cheminée. Cette sole est faite en sable quarzeux, mélangé d'une quantité suffisante d'argile réfractaire, pour lui donner de la consistance, et le tout est battu très fortement.

L'embrasure de la porte de chargement *P* est fortement évasée, pour que l'ou puisse atteindre facilement les divers points de la sole. La porte *P*, *fig.* 1, se manœuvre au moyen d'un levier *bc*.

Le tisaud *T* est semblable à ceux des fours à puddler.

Détails sur échelle double. *KK*, *fig.* 8, plaque de porte de four, vue en coupe, *fig.* 9. Elle est assemblée avec les plaques *I*, *I*, *fig.* 1, par des boulons à têtes fraisées, afin de ne pas gêner le mouvement de la porte.

HH, *fig.* 10, plaque de dessous de la porte. Vue en coupe, *fig.* 11. Elle a un rebord supérieur saillant, pour servir d'appui au dessous ou seuil de porte.

Ces plaques, ainsi que toutes celles d'enveloppe, ont 3 centimètres d'épaisseur.

NN, *fig.* 12, élévation intérieure d'une console; *fig.* 13, coupe transversale suivant 5, 6.

BB, *fig.* 14, coupe longitudinale d'une des plaques de cadre de la cheminée; *fig.* 15, vue de cette plaque par bout; *fig.* 16, coupe suivant la ligne 7, 8.

Les observations faites dans la description de la Pl. 15, relativement à la dis-

position des fours à puddler dans l'usine, sont applicables ici.

L'usine d'Abersycban est entièrement dallée en fonte dans l'espace compris entre les fours, les marteaux et les jeux de laminoirs, ce qui dispense de l'emploi

de plaques coursières ou de trainage.

Dans les usines où cela n'a pas lieu, il faut établir des plaques coursières, à partir des fours, dans toutes les directions où l'on doit porter le fer au sortir de ces fours.

PLANCHE 23.

Laminoirs marchands de l'usine de Seraing (Belgique); échelle de $\frac{1}{18}$.

Les laminoirs de l'usine de Seraing sont remarquables par la disposition de leurs cages, qui permettent de placer les porte-coussinets sans être obligé de déranger les cylindres; ce qui se peut se faire avec les cages semblables à celles des laminoirs dégrossisseurs, décrits Pl. 19, parce qu'elles portent du côté extérieur une feuillure qui empêche les garnitures de sortir de ce côté.

La fig. 1 représente en élévation un jeu de laminoirs pour fabriquer des fers carrés.

La fig. 2, un second jeu en communication avec le premier, et destiné à faire des fers ronds. Dans cette figure, les cages sont coupées suivant un plan vertical passant par l'axe des cylindres.

La fig. 3 est une élévation par bout du train de laminoirs de la fig. 2. La fig. 4, une élévation intérieure d'une cage, toutes les garnitures étant enlevées. On les a ponctuées, pour montrer distinctement la place de chacune.

La fig. 5 est une coupe verticale faite suivant la ligne 1, 2 de la figure précédente; et la fig. 6 une coupe horizontale suivant la ligne 3, 4.

La fig. 17 représente une partie du jeu de pignons PP, au moyen desquels le mouvement est transmis aux laminoirs.

A, A, fig. 1 à 6, cages en fonte, portant à leur partie supérieure une tête ou renflement DD, dans lequel se loge l'écrou I de la vis de pression V.

E, E, semelles ou patins formant la partie inférieure des cages, et reposant sur des plaques ou lits en fonte KK. Ces plaques ont des rebords ou ergots NN, fig. 1 à 3, entre lesquels les patins sont assujettis simplement au moyen de cales o, o, et de coins t, t. Les plaques de lit sont boulonnées solidement sur une charpente de fondation. On les allège par des évidements O, O, fig. 2 et 3.

L'écartement des cages, fixé par la longueur des cylindres de laminoirs, entre les embases de tourillons, est maintenu par quatre boulons d'assemblage à clavettes et écrous a, a.

CC, C'C', fig. 1 et 2, cylindres cannelés de même diamètre. G, G, leurs tourillons. F, F, les tréfiles au moyen desquels le mouvement leur est donné. Les pignons et les trains de laminoirs sont réunis par des allonges L, L, placées bout à bout des tréfiles, et embrasées, ainsi qu'eux, par des maillons ou boîtes d'accouplement M, M.

Les vis de pression V, V, sont manœuvrées au moyen de clés coudées Y, Y.

Sur les cages est placé un cheneau XZ, que l'on maintient plein d'eau. Le

trop-plein s'échappe par un petit bec *a* dans des tuyaux *RR*, qui le conduisent hors de l'usine. Au cheneau sont adaptés de petits tubes *v.x*, *v.x*, par lesquels l'eau tombe continuellement sur les tourillons pour les rafraîchir. Cette dernière disposition s'applique souvent dans les forges à tous les gros tourillons, surtout lorsqu'ils sont fortement chargés. Ordinairement on perce dans le cheneau quelques petits trous par lesquels l'eau tombe sur les lamineurs. Par ce moyen, on les rafraîchit, et le fer subit, par l'action de l'eau, un décapage qui rend sa surface plus unie.

H, *H*, *fig. 1*, tablier en fonte placé du côté de l'entrée des cylindres, et représenté en plan par la *fig. 15*. Il porte à ses extrémités des tasseaux à équerre *s*, *s*, au moyen desquels et de boulons il s'assemble avec les tenons des cages, représentés par les *fig. 4*, 5 et 6.

Du côté de la sortie des cylindres est une plaque faisant fonction de *gardes*, et dont les languettes s'engagent dans les cannelures, ainsi qu'il a été indiqué pour les lamineurs dégrossisseurs.

n, *n*, *fig. 3* et 4, coussinet inférieur; *S*, *S*, bloches en fonte portant les coussinets latéraux *i* et *g* des tourillons des deux cylindres; *T*, empoise à fourche portant le coussinet *h* du tourillon supérieur; *U*, chapeau garni de son coussinet de pression *k*. Tous les coussinets sont en bronze.

Les montans de cage sont traversés par des mortaises *c.c*, *fig. 1*, 3 et 5, dans lesquelles passe une forte barre en fer *bb*; cette barre traverse les bloches et l'empoise, et empêche ainsi ces pièces

de se mouvoir latéralement. La barre est soutenue à la hauteur convenable par des coins *dd*, qui la font courber légèrement.

ll, *fig. 1* et 3, boulons de pression des bloches, dont les écrous sont encastrés de leur épaisseur dans les montans de cages; *l*, *l*, *fig. 4*, 5 et 6, passages de ces boulons et logemens de leurs écrous.

mm, *fig. 3*, 4 et 5, évidemens pratiqués dans les montans, et ouverts du côté extérieur des cages, pour recevoir les chapeaux *U*, *U*.

n, *n*, *fig. 7* et 8, élévation et plan d'un coussinet de base.

S, *S*, *fig. 9* et 10, vue de face et coupe longitudinale d'une bloche; *r*, *r*, mortaise traversée par la barre *bb*, *fig. 3*; *g*, *i*, coussinets latéraux.

U, *U*, *fig. 11* et 12, élévation et plan de l'un des chapeaux de cage, avec son coussinet *k*.

T, *T*, *fig. 13* et 14, vue de face et de côté de l'empoise à fourche.

M, *fig. 16*, manchons d'accouplement des tréfiles et des allonges. Ces manchons ont un jeu de 3 à 4 millimètres tout autour des tréfiles et allonges, afin de se prêter aux petites différences de niveau ou aux déviations latérales qui peuvent avoir lieu dans les axes des cylindres. Leur écartement est maintenu par des tringles en bois liées autour des allonges, comme l'indique la Planche suivante.

P, *fig. 18*, pignon vu moitié par bout et moitié en coupe transversale. Il a quinze dents, qui sont encastrées de leur demi-longueur par des joues *jj*, vus par-devant, *fig. 17*.

PLANCHE 24.

Laminaires à petits fers (petit mill) et à tringles (gid-rolls) des forges de Terrenoire (Loire); échelle de $\frac{1}{13}$.

Les lamineurs à petits fers, ou petits lamineurs, sont destinés à fabriquer des fers plats, carrés et ronds, de petit échantillon, que l'on désigne sous le nom de *fers petite forge*. Les lamineurs à tringles servent, comme leur nom l'indique, à faire de la tringle ronde et carrée de moins de 4 lignes.

Les fig. 1 et 2 représentent deux trains de lamineurs CCC, C'C'C', à petits fers carrés et plats, mis en communication au moyen des allonges et manchons L et M. Le mouvement leur est imprimé par une roue d'engrenage X, dont l'arbre porte un manchon fixe à griffe Z. Une allonge à tourillon L', soutenue par un support B', porte deux manchons mobiles, l'un à griffes Z', s'embrayant avec le premier, et l'autre M, qui saisit à la fois l'allonge et le trèfle d'un pignou P, placé entre deux autres de même dimension, dans les cages B, B. Au moyen de manchons et d'allonges, ces pignons font marcher les cylindres placés à même hauteur qu'eux.

Chaque train ou jeu de lamineurs est composé de trois cylindres. Les diamètres de ces cylindres sont assez souvent égaux lorsqu'ils sont cannelés pour fers ronds et carrés; mais plus ordinairement ils diffèrent entre eux. Cette différence existe toujours lorsque les cylindres sont cannelés pour fers plats, tant à cause du croisement des cannelures, que parce qu'il en résulte plus de facilité pour le dégagement du fer à sa sortie des cylindres (voyez le texte).

Les lamineurs à tringles se placent ordinairement à la suite des petits lamineurs, qui leur servent de préparateurs. La fig. 3 indique cette disposition. A, représente la dernière cage des petits lamineurs, dont les cylindres inférieurs transmettent le mouvement à une première paire c, c de lamineurs à tringles, au moyen d'allonges L et de manchons M et m'; cette première paire en fait mouvoir une seconde c', c', par des moyens semblables.

La fig. 4 est un plan de lamineur à tringles, représentant d'un côté une cage a a sans ses cylindres, et de l'autre une cage garnie vue par-dessus.

La fig. 5 est une coupe verticale suivant la ligne 5, 6 de la fig. 4.

La fig. 6 est une coupe suivant la ligne 1, 2, fig. 2, dans laquelle on a supprimé les cylindres et ponctué seulement les garnitures de la cage, afin de laisser voir les diverses parties de cette dernière.

La fig. 7 est une coupe de la cage suivant la ligne brisée 3, 4 de la fig. 6.

A A, fig. 1, 2 et 6, cages en fonte renflées en D, D, pour recevoir les écrous des vis de pression V. Elles ont aussi, à leur partie supérieure, des renforts latéraux, pour éviter la rupture dans les angles. E, E, patins dans lesquels est ménagé un trou de boulon, pour fixer la cage sur la plaque ou sur le bâtis inférieur.

Chaque montant porte intérieurement une rainure R, fig. 6 et 7, pour recevoir les barres de support du tablier et

des gardes; et extérieurement une languette T, contre laquelle s'appuient les supports de coussinets.

Les garnitures d'une cage sont : l'empoise ou porte-coussinet inférieur N, *fig. 6*; les bloches S, S, qui portent les roussinets latéraux; les tourillots Q, Q, sur lesquels sont fixés les coussinets inférieurs des cylindres supérieurs, et le rha peau U, qui porte le coussinet supérieur ou de pression.

Les bloches sont élevées à la hauteur nécessaire par des cales en bois *n, n*; elles sont appliquées contre les tourillons G, G, par des vis de pression *p, p*, *fig. 1*, qui servent à placer les axes des cylindres dans un même plan vertical; et poussées dans le sens des tourillons par d'autres vis de pression *r, r*, *fig. 1* et 2, au moyen desquelles on fait coïncider parfaitement les cannelures des cylindres destinés à fabriquer des fers ronds et carrés.

p' p', *fig. 6* et 7, sont les passages des boulons *p*, avec logement pour leur écrou; *r', r'*, des passages semblables dans les languettes T.

Les cages de pignons et cylindres sont placées sur de fortes plaques en fonte K K, *fig. 1, 2* et 6. Ces plaques portent des rebords ou ergots N N, entre lesquels sont calés les patins E E. On les allège par des évidemens *u, u*, *fig. 2* et 6. Elles portent latéralement des oreilles saillantes *o, o*, *fig. 1* et 6, au moyen desquelles on les boulonne sur une charpente inférieure, comme on le verra Pl. 25.

N et N', *fig. 8*, élévation et plan d'un support inférieur de coussinet ou empoise.

Q et Q', *fig. 9*, élévation et plan d'un tourillet, ou traverse porte-coussinet.

U et U', *fig. 10*, mêmes projections d'un chapeau; S et S', *fig. 11*, mêmes projections d'une bloche.

Toutes ces pièces sont en fonte, et portent des échancrures qui viennent se placer contre les languettes des cages. Tous les coussinets sont en bronze.

M, *fig. 12*, plan d'un manchon avec son allonge L, ou coupe suivant la ligne 7, 8, *fig. 2*. On laisse au manchon, tout autour de l'allonge, un jeu d'environ 5 millimètres, pour obvier aux fractures que pourrait occasioner le dérangement des cylindres.

Les petits lamineoirs ont, à leur cylindre inférieur, un tablier et des gardes dont on verra la disposition dans la Planche suivante.

a, a, *fig. 3, 4, 5* et 13, montans de cages de lamineoirs à tringles, coulés avec la semelle *ee* qui les porte. Les cages sont fixées, au moyen de coins, sur une plaque *λ λ*, entre les ergots *n, n*; et des oreilles *o, o* servent à boulonner la plaque sur la charpente de fondation.

b, b, *fig. 3* et 4, chapeaux des cages. Ils sont fixés par des boulons à clavette *x*, *fig. 15*, logés dans les montans, et ayant des écrous à embase *q*. Pour empêcher ces écrous de se desserrer par le mouvement des cylindres, on les embrasse par de doubles clés *d, d*, *fig. 4* et 5.

i, i, *fig. 13*, coquilles en bronze vues séparément en plan et élévation. *fig. 14*. Elles s'appliquent dans les feuillures des cages, et sont poussées dans le sens des tourillons par des vis de pression *q' q'*, *fig. 4* et 13.

h, *fig. 3* et 5, support de tablier boulonné aux montans de cages; *t, t*, *fig. 3, 4* et 5, petit tablier en tôle placé du côté de l'entrée des cylindres. Ce tablier étant très léger, on peut le loger simplement

dans des entailles faites au burin dans les montans.

Fig. 16, b, b, élévation et plan d'un chapeau de cage.

Fig. 17, y, y, clé avec laquelle on serre ou desserre les écrous.

Fig. 18, vue par bout d'un cylindre; *fig. 19*, vue de face de la même pièce; *c*, table du cylindre; *g, g*, ses tourillons; *f, f*, ses trèfles.

Fig. 20, plan d'un manehon à double ouverture *m'*, *fig. 3*, pour relier les allonges *L* des petits laminaires avec les trèfles des laminaires à tringles.

Les allonges *l* et les manchons d'accouplement *m* se font quelquefois en fer. Dans ce cas, on façonne les manchons en forme de trèfle, sur un mandrin un peu plus fort que les trèfles de cylindres.

PLANCHE 25.

Détails et tracés de laminaires.

Dans cette Planché, toutes les figures qui se rapportent au tracé des cylindres sont cotées en lignes (anciennes mesures françaises); les autres figures sont cotées en mesures métriques.

Fig. 1, coupe transversale d'un jeu de petits laminaires, à l'échelle de $\frac{1}{11}$. Cette figure indique la position du tablier *t t*, placé du côté de l'entrée des cylindres inférieur *C'* et femelle *C*; les gardes inférieures *g g* s'appuyant sur le cylindre *C'* et les gardes supérieures *g' g'*, dont les extrémités s'engagent dans les cannelures du cylindre femelle. Les gardes, ainsi que le tablier, reposent sur des barres de fer *h, h, h*, maintenues dans les rainures *RR* des cages.

Fig. 2, coupe suivant la ligne 1, 2 de la *fig. 3*; *fig. 3*, vue en dessus d'un cylindre inférieur *C'*, avec ses gardes *g, g* et *f*; *fig. 4*, coupe suivant la ligne 3, 4 de la *fig. 3*. Toutes ces figures sont à l'échelle de $\frac{1}{11}$, comme les laminaires marchands, Pl. 23.

g, g, *fig. 2* et 3, gardes séparées en fer ou en forte tôle, dont les bouts, engagés dans les cannelures, sont coupés en languettes; en sorte que ces pièces se

touchent presque, et que le fer ne peut passer entre elles en sortant des cannelures. Ces gardes sont maintenues sur la barre *h* au moyen de deux tenons rivés, traversés par une clavette.

f f, *fig. 3* et 4, garde simple en fer. Elle repose simplement sur la barre *h*, et un tenon ou épaulement rivé à l'empêche de se déplacer.

Les gardes séparées, disposées de l'une ou l'autre des manières indiquées précédemment, ne s'appliquent qu'aux laminaires à fers plats. Pour les autres, on fait usage de plaques de gardes en fonte ou en tôle, dont les languettes s'engagent dans les cannelures, ainsi qu'on l'a indiqué pour les laminaires dégrossisseurs.

Fig. 5, pignon *P* de petit laminaire, vu moitié par bout, moitié en coupe transversale; *fig. 6*, plan du même pignon; échelle de $\frac{1}{11}$. *cc*, joues emboîtant les dents du pignon dans la moitié de leur longueur; *ee*, embases ou épaulements des tourillons *t*; *f*, trèfles destinés à recevoir les manchons.

Fig. 7 et 8, élévation antérieure et coupe par l'axe d'un manehon à griffes *Z* du petit laminaire, Pl. 24. *a, a, a*,

griffes ou erans du manchon. On emploie des manchons de même genre pour les laminaires marchands; mais comme ils sont de plus grande dimension, ils ont ordinairement quatre griffes.

Fig. 9 à 11, échelle de $\frac{1}{16}$, détails d'une fosse de laminaires recouverte d'une plaque ou lit de cages.

Fig. 9, coupe transversale de la fosse suivant la ligne 5, 6, 7, 8 de la *fig. 10*.

Fig. 10, coupe longitudinale ou suivant la ligne 9, 10 de la *fig. 11*.

Fig. 11, plan d'une fosse recouverte d'un lit de cages.

Chaque côté de fosse est garni d'une charpente en chêne, posée sur un bon massif de maçonnerie, et murée sur tout son pourtour.

A A, longuerines assemblées à entailles réciproques, sur des semelles ou traverses S, S, dont les bouts s'engagent dans les maçonneries. Ces pièces sont reliées entre elles par de forts boulons *b b*.

B, B, poteaux maintenus latéralement par des croix de saint André CC, CC. Chaque croix est composée de deux pièces, assemblées à mi-bois par un boulon *n*.

DD, sommier recouvrant les croix et les poteaux, avec lesquels il est assemblé à tenons et mortaises.

d, d, boulons de 0^m03 de diamètre, reliant entre eux les sommiers et les longuerines.

E, E, entre-toises pour maintenir

l'écartement des sommiers. Elles sont embreuvées seulement par les bouts, et des boulons *r, r* consolident l'assemblage.

NN, lit de cages fixé sur la charpente par des boulons à clavettes *ll*, qui traversent les sommiers, et par de petits boulons à tête *m, m*, qui traversent les entre-toises. Cette plaque a des évidements OO, pour l'alléger, et porte de longues rainures FF, dans lesquelles passent les boulons qui fixent les patins des cages. Au moyen de ces rainures, on peut varier l'éloignement des cages selon la longueur des cylindres.

q q, nervures ou ergots bordant les longs côtés du lit, et entre lesquels se calent les patins des cages.

s, s, parties planes pour servir d'appui aux écroux des boulons *ll*.

Le dessous des longuerines se garnit en briquetage, dans lequel on réserve de petites niches à chaque emplacement de boulon. Ce briquetage est remplacé par un fort tasseau en bois T, T, sous les poteaux intermédiaires.

Fig. 20, Q, plan d'une plaque à dresser les fers; *Q'*, vue de cette plaque par bout.

Les *fig. 12 à 17* se rapportent au tracé des laminaires ordinaires; les *fig. 18 et 19*, aux tracés de laminaires pour rails de chemins de fer et pour fers profilés ou à moulures. On trouvera dans le texte (Section III, des *Laminaires*) les explications relatives à ces diverses figures.

PLANCHE 26.

Fours à réchauffer les tôles, des usines de Charenton (Seine) et Terrenoire (Loire); échelle de $\frac{1}{16}$.

On se sert, pour fabriquer les tôles, ploie pour chauffer les bidons ou ma-
des fours à réverbère de deux espèces quettes avant leur passage au laminoir;
différentes. Les premiers, que l'on em- sont des fours à réchauffer ordinaires;

les autres, qui servent à réchauffer les tôles pendant le laminage et à les recuire après, ont des dispositions particulières, que l'on va faire connaître.

Les *fig. 1 à 5* représentent un four de tolérie de l'usine de Charenton, servant principalement pour la fabrication des tôles de chaudières à vapeur.

Fig. 1, coupe longitudinale passant par le milieu du four.

Fig. 2, coupe horizontale du four suivant la ligne 1, 2, 3, 4 de la *fig. 1*, montrant à découvert la sole *SS* et la grille *QQ*.

Fig. 3, coupe transversale suivant la ligne 5, 6, 7, 8, 9, 10 de la *fig. 2*, indiquant les passages qui conduisent à la cheminée et les colonnes de support de cette dernière.

Fig. 4, élévation du four par-devant.

Fig. 5, coupe horizontale suivant la ligne 11, 12 de la *fig. 4*, indiquant les tuyaux de cheminées et le plan de la disposition du levier avec lequel on manœuvre la porte du four.

MM, *fig. 1 et 3*, massif de fondation de la cheminée.

C, C, *fig. 1, 2 et 3*, colonnes creuses en fonte, boulonnées sur une forte plaque *LL*, posée sur le massif de fondation. Ces colonnes servent de support à la cheminée *FF*, qui s'élève au-dessus du four, et sont recouvertes de plaques en fonte *DD*, *EE*, qui forment le cadre sur lequel la cheminée est construite de la même manière que celles des fours précédemment décrits.

Q, *fig. 1 et 2*, grille du four avec son cendrier *U*, et son tisaud ou gueulard *T*.

A, autel ou pont de chauffe séparant le foyer du reste de la capacité du four.

SS, sole en briques réfractaires posées de champ. Elle est, ainsi que la chauffe,

recouverte par une voûte en briques réfractaires *VV*, *fig. 1 et 3*, légèrement cintrée dans le sens transversal.

K, *fig. 1 et 2*, maçonnerie fermant le four par-devant, et dans laquelle est réservée la baie *O* de la porte.

I, I, *fig. 1, 2 et 3*, languette se raccordant à la voûte du four, et laissant en dessous un passage voûté *O'*. Entre cette languette et la maçonnerie de face *K*, existe un passage *a*, qui se raccorde avec le tuyau *c* de la cheminée, au moyen d'une espèce de trémie *b*.

C'est par ce passage que s'échappent la flamme et la fumée, et la languette *I* a pour but de forcer la flamme à s'infléchir vers la sole, afin qu'elle la chauffe également dans toute son étendue.

Sur le devant de la cheminée est construite une fausse cheminée on évent *c'*, *fig. 1, 4 et 5*, qui ne s'élève qu'un peu au-dessus de la toiture. Son but est d'établir un tirage pour la flamme et les étincelles qui peuvent franchir la porte lorsqu'elle est ouverte, et qui, sans cela, incommoderaient les ouvriers. La maçonnerie *G*, qui forme cet évent, repose sur une traverse en fonte *t*, qui s'appuie sur la maçonnerie du four.

P, *fig. 1, 2, 4 et 5*, porte du four glissant sur son cadre *p*, et reposant sur une plaque de fonte *ee*. Deux leviers *l* et *l'*, *fig. 1, 4 et 5*, adaptés sur un axe commun *d*, servent à manœuvrer la porte. Les supports *s*, *s* de cet axe sont boulonnés sur la traverse *tt*.

R, R, *fig. 2*, parois réfractaires du four.

Tout l'extérieur de ce four est armé en plaques de fonte, maintenues par des montans dont le pied est encastré dans la maçonnerie de fondation, et qui sont reliés entre eux, à la partie supérieure, par des tiges à boulons, ainsi qu'on l'a déjà vu pour les fours précédents.

Fig. 6 à 10, four de tôle de l'usine de Terrenoire, servant à fabriquer des tôles de toutes dimensions.

Fig. 6, coupe longitudinale du four suivant la ligne 15, 16, fig. 2.

Fig. 7, coupe faite au-dessus de la sole, suivant la ligne 13, 14 de la fig. 1.

Fig. 8, coupe transversale passant par la ligne 17, 18 de la fig. 7.

Fig. 9, élévation du four par-devant.

Fig. 10, plan de la partie antérieure du four vue par-dessus, ou suivant la ligne 19, 20 de la figure précédente.

Aux proportions près, la construction de l'intérieur de ce four est semblable à celle du précédent; et les mêmes parties étant désignées par les mêmes lettres, il suffit d'entrer dans la description des dispositions différentes.

La cheminée est placée à côté du four, afin qu'elle puisse servir au besoin à un second four placé symétriquement au premier.

Au lieu de faire usage d'une languette pour obliger la flamme à se rabattre sur la partie antérieure de la sole, on a pratiqué, des deux côtés de l'extrémité de cette dernière, des carnaux *aa*, *a'a'*, *fig. 6, 7 et 8*, par lesquels les produits de la combustion se rendent dans le tuyau *cc* de la cheminée. Le carneau *a'a'*, pris latéralement dans l'épaisseur des parois

du four, passe ensuite par-dessus, comme l'indique la *fig. 8*.

L'évent *c'*, *c'*, *fig. 6 et 10*, ne s'élève pas au-dessus de la hauteur du four, et cela est suffisant pour préserver les ouvriers. Le briquetage *G* qui le forme est porté par une barre de fer cintrée *tt*, *fig. 6 et 9*.

Le levier de manœuvre *ll* de la porte, *fig. 6, 9 et 10*, s'abat latéralement, ce qui est plus commode pour le service.

Le four est armé par des montans en fonte, et n'a qu'une seule plaque d'armature au bout, du côté de la chauffe; mais trois de ces montans sont remplacés par des barres de fer verticales *ff*, *fig. 7 et 10*, logées dans la maçonnerie, et auxquelles viennent s'accrocher des plates-bandes en fer *mn*, *mn*, de chaque côté de l'évent. Ces plates-bandes, boulonnées à des montans correspondans, maintiennent le four, et portent en outre les supports *s*, *fig. 9*, du levier *ll*.

La disposition générale du four de Terrenoire est celle que l'on adopte pour les fours jumelés. Celle du four de Charenton ne convient qu'à un four isolé, et on ne l'adopte d'ordinaire que lorsque l'espace manque latéralement pour élever la cheminée, à moins qu'on ne veuille avoir une construction d'un meilleur effet.

PLANCHE 27.

*Laminoir à coins pour la tôle, de l'usine de Seraing (Belgique);
échelle de $\frac{1}{12}$.*

Les laminoirs à tôle sont ordinairement montés dans de fortes cages en fonte, munies de vis de pression verticales, comme dans les laminoirs dégrossisseurs ou marchands; mais lors des

premiers passages des plaques, le laminoir supérieur devant se lever beaucoup, il en résulte, contre les filets de vis et d'écrous, un choc violent qui les refoule, rend la manœuvre des vis difficile, et

fait quelquefois briser les écrous. C'est pour éviter cet inconvénient que M. Coquerill a adopté les coins de pression, au lieu de vis verticales. Ainsi qu'on le voit par la *fig. 2*, ces coins sont poussés on tirés au moyen de vis horizontales, que l'on manœuvre avec une double manivelle.

La *fig. 1* représente en élévation l'ensemble des cages en fonte, garnies de leurs cylindres L, L et de leurs bascules N K M.

La *fig. 2* est une élévation latérale extérieure d'une cage garnie de tous ses coussinets et coins. Les branches K, K du levier de bascule sont coupées, pour laisser voir leur assemblage avec les chapes de suspension HH.

Fig. 3, coupe d'une cage suivant la ligne 1, 2, *fig. 2*.

Fig. 4, 5, coupe suivant la ligne brisée 3, 4, 5, *fig. 2*, toutes les pièces qui ne font pas partie de la cage étant enlevées. La *fig. 4* indique la coupe passant par l'axe de la vis de pression, et la *fig. 5* celle de l'un des montans de cage.

Fig. 6, coupe suivant la ligne 7, 8 de la *fig. 2*, indiquant les sections des tiges et chapes de suspension, ainsi que le plan d'un levier de bascule avec ses contre-poids.

A A, *fig. 1 à 4*, cages de laminoirs dont les montans portent, à leur partie supérieure, un renflement pour recevoir l'écrou des vis de pression. B, B, patins des cages, percés de trous pour les boulonner, soit sur une charpente, soit sur un lit ou plaque en fonte. Les cages sont maintenues à distance convenable au moyen de quatre grands boulons à deux écrous CD, *fig. 1*.

GG, *fig. 1 et 3*, vis de pression manœuvrées par de doubles manivelles EF.

a, a, *fig. 1, 2, 3 et 5*, rondelles en

fonte conlées avec les cages, et dont la surface est dressée pour servir d'appui aux écrous des boulons CD.

S, S, *fig. 3 et 4*, trous cylindriques percés dans les renflements des cages, pour le passage des vis de pression.

Q, Q, ponctués *fig. 2*, et vu en coupe *fig. 4*, mortaise pratiquée dans l'épaisseur des renflements, pour y loger les écrous g, g des vis de pression.

R, R, *fig. 2, 3 et 5*, rainures ménagées à l'intérieur des cages, dans lesquelles se place une forte barre de fer, pour attacher et soutenir les tabliers qui s'adaptent des deux côtés des cylindres, ainsi qu'on l'a indiqué pour les laminoirs dégrossisseurs. Ces tabliers sont des plaques rectangulaires de 50 à 60 centimètres de largeur, pour recevoir les plaques de fer avant et après le laminage. On les prolonge ordinairement de chaque côté par deux chevalets en fer de la longueur des plus grandes feuilles, et espacés suivant la largeur des diverses tôles. A cet effet, ces chevalets sont mobiles et peuvent être placés à volonté : la Pl. 28 fait voir leur disposition.

ff, *fig. 2 à 5*, coulisses de coussinet de l'un des tourillons de laminoir inférieur; v, v, logemens des épaulements de ce coussinet.

h, h, *fig. 2, 4 et 5*, renforts à la base des montans de cages, pour recevoir les coussinets latéraux i, i des mêmes tourillons. La *fig. 2* fait voir la forme du logement i' de ces coussinets.

Les renforts h, h sont percés de trous verticaux N', N', pour donner passage aux tiges-supports N, N des bascules, *fig. 1 et 2*.

T, T, *fig. 2 à 5*, feuillures placées à l'extérieur des cages, pour servir d'arrêt aux porte-coussinets des tourillons supérieurs.

Y, *fig. 2*, plaque de support en fonte portant le coussinet inférieur *m*. Cette plaque repose sur les tiges-supports N, N, *n*, *n*, bloches portant les coussinets latéraux *o*, *o*. Ces bloches reposent sur des cales en bois ou en fonte *l*, *l*, qui les élèvent à la hauteur convenable. U, chapeau porte-coussinet. Toutes ces pièces sont indépendantes des cages.

Sur le chapeau U est posée une plaque à coulisse V V, qui reçoit le coin X, au moyen duquel s'effectue la pression sur les cylindres.

I, I, *fig. 2 à 5*, oreilles coulées avec cages, et auxquelles s'assemblent les chapes de suspension H, H des bascules, au moyen de boulons à clavettes.

K, K, *fig. 1 et 2*, leviers de bascules, portant à leur extrémité une tige de suspension M; cette tige est terminée par une rondelle sur laquelle reposent les contre-poids P, P. Ceux-ci sont réglés de manière à faire à peu près équilibre au poids du cylindre supérieur du laminoir, de manière qu'après le passage des plaques ou des feuilles, il retombe doucement sur le cylindre inférieur.

Fig. 7, vue de face; *fig. 8*, vue de profil d'une manivelle double E F.

Fig. 9, vis de pression en fer; G, tête de la vis vue par bout, *fig. 10*; b, épaulement contre lequel s'appuie la manivelle; c, gorge creusée dans le bout de la vis, pour son assemblage avec le coin de pression.

Fig. 11, coupe de l'écrou g; *fig. 12*, plan de la même pièce.

Fig. 13, X, vue latérale du coin de pression; X', plan de la même pièce, et X'', vue par bout du côté où s'adapte la vis; s, logement du bout de la vis; d, d, clavettes qui embrassent la gorge du bout de la vis et la lient au coin, en lui per-

mettant de tourner en tous sens. La *fig. 2* indique cet assemblage.

Fig. 14, V V, élévation latérale de la plaque à coulisses sur laquelle repose le coin; V' V', plan de cette plaque. Elle se compose d'une semelle q q et de deux liteaux r r, qui emboîtent le coin.

Fig. 15, U, élévation du chapeau portant le coussinet supérieur p; U', plan de cette pièce. Sa partie supérieure forme un plan incliné q q, sur lequel repose la pièce précédente, emboîtée entre deux rebords saillants r' r'.

Fig. 16, Y et Y', élévation et plan de la plaque de support à coussinet.

Fig. 17, Z, Z' et Z'', vue latérale, plan, et élévation intérieure d'une bloche n n. Le coussinet en cuivre o porte deux oreilles t, t, qui l'empêchent de se mouvoir latéralement dans la bloche. Cette disposition permet de caler au besoin entre la bloche et le coussinet, pour faire serrer ce dernier contre le tourillon, sans le faire appuyer contre le cylindre.

Toutes les pièces représentées par les *fig. 14 à 17* portent des échancrures q, qui viennent s'appuyer contre les feuillures T, T des cages, en sorte qu'elles ne peuvent se déranger de leur position lorsque les cylindres sont en place.

Fig. 18, v v v, v' e' v', élévation et plan d'un coussinet inférieur.

Fig. 19, H et H', vues de face et de côté d'une pièce de chappe des bascules.

Fig. 20, N et N', vues de face et de côté d'une tige-support de bascule.

Fig. 21, M et M', vue d'une tige de suspension des contre-poids.

Fig. 22, O et O', coupe et plan d'une rondelle en fonte de contre-poids. Ces rondelles s'appliquent l'une sur l'autre, comme l'indique la *fig. 1*, en tournant les échancrures de sens et d'autre. Chaque

rondelle porte en relief une partie carrée qu'elle ne peut glisser, quelque mouvement qu'elle fasse sa bascule. qui s'emboîte dans le creux correspondant de la rondelle suivante, en sorte

PLANCHE 28.

*Laminoin à tôle, à colonnes, des forges de Terrenoire (Loire);
échelle de $\frac{1}{18}$.*

Dans les laminoin à colonnes, la pression se répartissant sur quatre écrous dont les filets sont très forts, l'inconvénient du refoulement signalé dans la précédente description est extrêmement rare, si les écrous sont confectionnés en bronze de bonne qualité, et qu'ainsi que les vis des colonnes, ils soient filetés avec soin.

Le laminoin représenté par la Pl. 28 marche depuis 1823, et n'a pas exigé jusqu'à présent de réparations bien considérables.

Fig. 1, élévation du laminoin du côté de la sortie des tôles, avec les pignons P, les allonges et les manchons qui établissent la communication de mouvement.

Fig. 2, élévation latérale du laminoin.

Fig. 3, coupe transversale suivant la ligne 1, 2 de la *fig. 2*.

Les autres figures représentent les détails de diverses pièces, à la même échelle que les ensembles.

A A, socles en fonte boulonnés solidement sur leur lit de même métal.

C C, colonnes en fer forgé, engagées dans les socles, et dont la partie supérieure V est filetée. Les filets de vis ont 13 millim. d'épaisseur et autant de profondeur.

L, L, cylindres de laminoin, coulés en coquille, et de forme parfaitement cylindrique.

B, B, chapeaux en fonte enfilés sur les colonnes, et reposant sur les tourillons du cylindre supérieur. Ils sont traversés par un étrier à vis, en fer, *II*, *fig. 2* et 17, qui embrasse le tourillon en le serrant légèrement. Sur le centre de leur surface supérieure est un fort piton en fer O, dans lequel s'engage le crochet S d'une tige de bascule K.

Il y a une bascule pour chaque chapeau; elle est en bois, posée sur la charpente du hangard de travail, et chargée de manière à faire à peu près équilibre au poids d'un chapeau, augmenté de la moitié de celui du cylindre. Par cette disposition, ce cylindre retombe doucement sur le cylindre inférieur après le passage des feuilles de tôle.

I, I, manchons cylindriques en fonte, coulant librement sur les colonnes.

a, a, rondelles en fer de 35 à 40 mill. d'épaisseur, placées sous les manchons I, pour recevoir le choc des chapeaux lorsqu'on engage les trousses entre les cylindres.

h, h, heurtoirs en fer forgé, placés dans des entailles réservées à la partie supérieure des chapeaux. Ils servent à imprimer le choc suivant l'axe des colonnes, ce qui n'aurait pas lieu si les chapeaux portaient directement sur les rondelles, parce que les écrous ne peuvent être toujours également serrés; les chapeaux prenant alors une position

oblique, la pression s'effectuerait sur un côté seulement des vis, et les filets pourraient en être refoulés.

D, D, embrasses en fer forgé, maintenant l'écartement des colonnes vers le bas, et servant en même temps d'appui aux guides et au tablier du laminoir. Elles sont appuyées sur des tasseaux en fer *t, t*, que l'on maintient autour des colonnes par une ligature en fil de fer.

G, G, *fig. 1* et 3, gardes en fer s'appuyant sur le cylindre inférieur, et posées à fourchette sur l'embrasse postérieure.

H, H, chevaux ou chevalets en fer, retenus d'un côté sur les embrasses par des pates à clavettes, et appuyés de l'autre sur un dé en pierre ou une plaque de fonte enterrée dans le sol. Sur les chevalets antérieurs, on du côté de l'entrée des cylindres, est fixée à boulons fraisés une plaque de fonte ou de forte tôle formant le tablier T. Les chevalets servent à recevoir les trousseaux ou paquets de tôle à l'entrée et à la sortie des cylindres.

Fig. 4, chapeau BB, vu du côté intérieur; *fig. 5*, même pièce vue en dessus, et *fig. 6*, vue en dessous; *fig. 7*, coupe suivant 3, 4 de la *fig. 4*; *bb*, *fig. 4*, 6 et 7, échancrement circulaire pour le passage de la table du cylindre, en lui laissant 2 à 3 cent. de jeu; *cc*, *fig. 2*, 6 et 7, échancrement extérieure arrondie pour le passage des manebons; *nn*, *fig. 4* et 6, renfoncement pour loger l'embase du tourillon; *ii*, logemens des heurtoirs; *e, e*, *fig. 5* et 6, trous des boulons d'étrier de bascule; *d, d*,

passages des colonnes, de forme ovale, afin que les chapeaux puissent prendre une position oblique sans les serrer; *ff*, *fig. 4*, 6 et 7, logement du coussinet en bronze, portant un épaulement du côté intérieur.

A A, *fig. 8*, élévation d'un socle de colonnes; *fig. 9*, plan de la même pièce; *k*, logement du coussinet inférieur portetourillon.

Fig. 10, coupe d'une colonne C au-dessus d'une embrasse DD, indiquant comment cette dernière s'adapte à la colonne.

Fig. 11, élévation de l'un des cylindres L; *fig. 12*, vue par bout de la même pièce.

Fig. 13, plan d'une clé en fer pour tourner les écrous.

Fig. 14, *g*, vue de face d'un coussinet de chapeau; *g'*, coupe longitudinale du coussinet.

Fig. 15, E, élévation d'un écron en bronze; E', plan de cette pièce.

Fig. 16, colonne de laminoir; le fût C est terminé par un pied conique qui s'engage dans les cônes des socles. On cale les colonnes dans les socles avec de petits coins de fer placés en dessus. L'extrémité V des colonnes est filetée en vis à filets carrés.

Fig. 17, vue latérale d'un étrier de bascule.

Fig. 18, *h*, élévation par bout d'un heurtoir; *h'*, plan de la même pièce.

Ce laminoir est mis en mouvement par la grande machine à vapeur de la forge, et fait 18 à 20 tours par minute.

PLANCHE 29.

Laminoin à cercles des forges de Terrenoire (Loire); échelle de $\frac{1}{8}$.

Les dispositions générales et particulières des laminoin à cages étant énumérées avec détail dans les descriptions précédentes, et les laminoin à cercles n'offrant que quelques modifications, on se bornera ici à parler de ces dernières.

La *fig. 1* représente le laminoin vu par-devant ou du côté de l'entrée du fer; la *fig. 2* est une élévation latérale, et la *fig. 3* une coupe transversale suivant la ligne 1, 2, *fig. 1*.

Les cylindres C et C' sont semblables à ceux des laminoin à tôle, et n'en diffèrent que par leurs moindres dimensions. Ils sont mis en mouvement par une paire de pignons disposés comme dans les laminoin précédemment décrits.

Du côté antérieur du laminoin est une espèce de trémie en fonte GG, *fig. 1* et 3, que l'on nomme *boîte d'entrée*. Cette boîte, représentée séparément en plan, *fig. 12*, et en coupe, *fig. 13*, est posée sur une barre de fer HH, *fig. 1* et 3, et fortement calée entre les montans K, K, des cages. Cette boîte porte intérieurement, de chaque côté, deux coulisses mm, nn, *fig. 12* et 13; dans les coulisses m, m, glisse verticalement une plaque en fonte dd, *fig. 1* et 3, sur le devant de laquelle est appliquée une pièce en fer cc, ayant un biseau inférieur aciérré : cette pièce, que l'on nomme *lame mobile*, est en partie recouverte par une *bande de pression* en fer, qui sert à la fois de rosettes pour les boulons d'assemblage des pièces b, d, et de renfort pour empêcher la flexion du système.

Sur le fond de la boîte, et entre les

coulisses, repose une forte *lame fixe* ee, aciérrée, et ayant un biseau correspondant à celui de la lame mobile cc.

L'ensemble des pièces b, c, d, e, se nomme la *raclette*, et sert en effet à racler les surfaces du fer pour en faire tomber l'oxide avant qu'il passe entre les cylindres.

Pour manœuvrer cette raclette, on se sert d'un grand levier en fer DE, auquel sont attachées des tiges AB, AB, *fig. 1* et 3, dont les chapes inférieures embrassent la plaque dd. Le point d'appui de ce levier est pris sur un support en fer s, *fig. 1* et 2, et sa direction est maintenue par une tige à coulisse fg, *fig. 1* et 3; le support et la tige à coulisse sont appliqués sur les montans des cages, et maintenus par un de leurs boulons d'écartement aa et par des clavettes. Une tige à étrier EF sert à soulever le levier et à exercer la pression.

Pour engager le fer gr, *fig. 3*, on élève la raclette, et lorsqu'il est pincé entre les cylindres, un ouvrier, engageant son pied dans l'étrier F de la tige EF, serre fortement la bande entre les biseaux des pièces be; le mouvement des cylindres l'entraîne, et la raclette frotte ainsi sur toute sa surface.

Afin que le fer soit engagé successivement sur toute la longueur de la table des cylindres, et l'use également, on place en avant de la boîte d'entrée une tige directrice tt, *fig. 1* et 3; cette tige est fixée à boulon dans les coulisses o, o, *fig. 21*, du lit des cages, et on la fait marcher, selon le besoin, dans toute l'étendue de la cage. Le lamineur engage

son fer en l'appuyant contre la directrice, et l'empêche de s'en écarter en le pressant avec sa tenaille du côté opposé.

Détails sur même échelle. Fig. 4, élévation intérieure d'une cage; *fig. 5,* plan d'une cage vue en dessus; *fig. 6,* coupe suivant la ligne 3, 4 de la *fig. 4*; *fig. 7,* coupe horizontale d'un montant suivant 5, 6, *fig. 6*.

Fig. 8, élévation et plan d'un chapeau de tourillon.

Fig. 9, élévation et plan d'un support de tourillon supérieur.

Fig. 10, élévation et plan d'un porte-cousinet inférieur.

Fig. 11, élévation et plan d'un cousinet ou grenouille en cuivre des chapeaux de tourillons.

Fig. 14, d d, plaque en fonte de la raclette, vue de face; *d',* vue de cette plaque par côté.

Fig. 15, c c, lame mobile de raclette, vue de face; *c',* vue par bout. Elle est percée de trois trous oblongs, afin que

l'on puisse l'ajuster avec plus de facilité sur la lame fixe.

Fig. 16, b b, bande de pression vue de face; *b',* vue par bout de cette bande.

Fig. 17, élévation et plan du levier de pression DE.

Fig. 18, tige à coulisse du levier, vue de face en *f g*, et de côté en *f' g'*.

Fig. 19, A B, vue de face, et *A' B',* vue de côté de l'une des tiges de suspension de la raclette.

Fig. 20, s, s, vue de côté, et *s',* vue de face du support du levier.

Fig. 21, plan d'une moitié de lit de cages, vu en élévation et coupe dans les *fig. 1, 2 et 3*.

Observation. Pour fabriquer les fers minces et de petites largeurs, que l'on nomme *rubans*, on se sert de laminoirs organisés absolument comme celui que l'on vient de décrire; seulement les cylindres n'ont ordinairement que 27 à 30 centimètres de table, et autant de diamètre.

PLANCHE 30.

Four de fenderie au bois des forges d'Aron (Mayenne), par M. Walter; échelle de $\frac{1}{100}$.

Les anciens fours de l'usine d'Aron occupant beaucoup d'espace, chauffant irrégulièrement avec une assez forte consommation de combustible, et leur vétusté exigeant d'ailleurs qu'ils fussent reconstruits, ils furent remplacés par les deux fours que représente cette Planche. Chacun d'eux peut recevoir 1500 kil. de fer à fendre, et, en marche ordinaire, ils ne consomment que 45 à 50 bourrées ou petits fagots de menu bois, pesant moyennement 4 kil. l'un, pour chauffer cette quantité de fer.

Fig. 1, plan d'un four en dessus, et coupe de la cheminée et des passages de fumée à la même hauteur ou suivant la ligne 3, 4 de la *fig. 3*.

Fig. 2, coupe du four au-dessus de la sole.

Fig. 3, coupe longitudinale d'un four suivant la ligne 1, 2, *fig. 2*.

Fig. 4, coupe transversale d'un four et d'une partie de la cheminée, suivant la ligne 5, 6 de la *fig. 3*.

Fig. 5, élévation par-devant de l'un des fours.

Fig. 6, plan de fondation de la partie antérieure des fours et de la cheminée; le reste de la fondation n'est qu'un massif de maçonnerie.

Fig. 7, coupe transversale suivant la ligne 9, 10 de la *fig. 2*.

Fig. 8, coupe transversale par la *fig. 9*, ou suivant la ligne 11, 12, *fig. 1*.

Fig. 9, élévation latérale d'un four et de la cheminée.

La construction de ces fours est analogue à celle de tous les fours à réverbère, sauf que la grille *G* est plus basse relativement au pont de chauffe *A*, et de moindres dimensions que celles des fours à puddler ou à réchauffer. La sole *SS*, la voûte *VV*, ainsi que tout l'intérieur du four, sont construites en briques réfractaires; l'extérieur est en briques ordinaires. Les armatures se réduisent à des barres de fer verticales *ff*, *fig. 4*, 5 et 9, reliées, haut et bas, par des tirans à boucles *h, h*, serrées avec des clavettes, et à des bandes de fer horizontales *c, c*, encastrees de leur épaisseur dans la maçonnerie.

Ce qui distingue ce four de tous ceux qui sont en usage, c'est le système de tirage alternatif en-dessous et en-dessus de la sole *SS*. A cet effet, on a ménagé près du seuil de la porte un passage *aa*, *fig. 2 à 4*, communiquant avec le bas de la cheminée par une petite voûte *D*; et au sommet de la voûte du four, un autre passage *bb*, communiquant également avec la cheminée par un rampant *F* et par le passage *H*. La communication *aD* est constamment libre, mais la communication *bfH* est munie d'un registre *cd*.

Ce registre est manœuvré au moyen d'une chaîne qui passe sur deux poulies *q, q*, *fig. 9*, et porte un contre-poids *O*. La porte *P* du four est également man-

œuvrée au moyen d'une chaîne qui passe sur une grande poulie *p*, et vient s'attacher à la chaîne du contre-poids commun. On voit qu'ainsi la porte ne peut être soulevée sans que le registre le soit en même temps.

Voici maintenant le mécanisme du tirage : le four étant chargé et la porte baissée, le passage *H* est fermé, et la flamme est obligée de se rabattre sur le fer pour gagner la cheminée par le passage inférieur *aD*. Il résulte de cette disposition que la sole est chauffée dans toute son étendue, ainsi que le fer qu'elle porte, et que ce dernier acquiert une température très uniforme. Lorsqu'on lève la porte, le registre *cd* s'ouvre, et alors le tirage s'opère par le passage supérieur, ce qui est nécessaire pour que la flamme n'incommode pas l'ouvrier, soit en chargeant le four, soit en tirant les barres pour les porter à l'espatoir et à la fenderie.

La cheminée *NN* est partagée en deux par une languette ou cloison *LL*, *fig. 4* et 6, construite, comme tout l'intérieur *RR*, en briques réfractaires au moins jusqu'à 1 mètre au-dessus du passage *H*. Cette languette peut ne régner que jusqu'à cette hauteur, mais il n'y a aucun inconvénient à la continuer jusqu'au sommet de la cheminée, si les sections des gaines *I, I*, sont déterminées convenablement.

La cheminée est montée sur linteaux en fonte, comme cela se pratique d'ordinaire, afin de pouvoir en réparer au besoin les parties inférieures. Ses armatures consistent en simples lamettes de fer, dont les bords sont fendus et rabattus sur le parement extérieur; et ce mode de consolidation résiste très bien aux effets de la chaleur, malgré la faible épaisseur des parois.

Ou règle le tirage au moyen d'un registre *r*, placé sur la cheminée, et que l'on manœuvre au moyen d'un levier *k l* et d'une chaînette en bouts de fil de fer.

Au-dessous de chaque porte de four est une ouverture *B*, *fig. 3, 5 et 6*, par laquelle on retire les cendres qui tombent dans le passage inférieur de la flamme, et que l'on ferme ensuite par un petit muret en briques.

Fig. 10, élévation sur échelle double du cadre de la porte d'un four. Ses branches *m, n*, ont une longueur telle qu'elles se trouvent soutenues par les montans *ff*.

Fig. 11, coupe transversale de ce cadre, indiquant son épaisseur.

Nota. Par erreur, on a coté à 2 mètres la longueur d'une branche à l'autre, au lieu de 1 mètre.

PLANCHE 28.

Fenderie de l'usine de Terrenoire, près Saint-Étienne (Loire); échelle de $\frac{1}{16}$.

Quoique la fenderie dont on offre ici le dessin soit semblable, en général, à toutes les machines de même genre, cependant elle est plus simple dans sa disposition, et l'on y a supprimé quelques pièces embarrassantes ou superflues.

Fig. 1, élévation latérale de la machine du côté opposé à celui par lequel est transmis le mouvement.

Fig. 2, plan de la fenderie vue en dessus.

Fig. 3, élévation par-devant, c'est-à-dire du côté où l'on présente le fer.

Fig. 4, coupe horizontale suivant la ligne 1, 2 de la figure précédente, et montrant à découvert une partie de la trousse des taillans inférieurs.

Fig. 5, coupe transversale suivant la ligne 3, 4 de la *fig. 4*.

Fig. 6, coupe horizontale suivant la ligne 5, 6 de la figure précédente, et dans laquelle la trousse des taillans inférieurs est enlevée, pour mieux faire voir les pièces qui sont au-dessus.

Toutes les autres figures représentent séparément, et à la même échelle, les diverses pièces qui composent la machine.

BB, fig. 1 à 6, embases en fonte, coulées d'une seule pièce avec leurs semelles *DD*, et servant d'empoise à l'arbre des taillans inférieurs. Les parties coniques de ces embases sont percées concentriquement, pour recevoir la partie inférieure des colonnes *CC, fig. 7*. Les semelles *DD, fig. 5*, reposent sur une plaque ou lit en fonte *LL*, et y sont boulonnées solidement. Le lit est fixé sur une charpente de fondation analogue à celle des laminaires. (Voyez Pl. 25.)

M, M, manchons en fonte, servant simplement de hausses, tant au-dessus des embases qu'au-dessous des écrous des colonnes.

SS, fig. 1 à 6, 10 et 11, pièces en fer forgé, que l'on nomme *seignes* ou *porto-vergettes de derrière*; elles sont à lunettes et enfilées dans les colonnes.

S', S', fig. 1 à 6, 12 et 13, seignes de devant; elles embrassent les colonnes, et ont leurs extrémités en forme de fer à cheval, de manière à pouvoir être placées et enlevées sans démonter les pièces supérieures.

J, J, fig. 1 à 6, 14 et 15, tirans ou *jumelles* en fer, placées entre les seignes,

à droite et à gauche de l'équipage des taillans inférieurs. Ces pièces ont une tête en forme de T du côté de l'entrée du fer, et sont percées d'une mortaise à l'extrémité opposée. Elles servent à maintenir l'écartement vertical des seignes, et à les appuyer contre les colonnes au moyen de clavettes de pression *d, d*.

FF, fig. 1, 3 et 5, empoise en fonte de l'arbre supérieur. Elle a la même forme et les mêmes dimensions que le chapeau.

h, h, h, mêmes figures, fausses-rondelles ou *fers-à-cheval* en fer et de diverses épaisseurs. Elles sont représentées séparément, en élévation et en plan, par les fig. 17 et 18, et servent à régler la hauteur des seignes inférieures et des empoises FF, selon le besoin.

GG, fig. 1, 2, 3, 5, 8 et 9, chapeau de l'arbre des taillans supérieurs, en fonte.

I, I, fig. 1, 3 et 5, rondelles percées, en fonte ou en fer, selon l'épaisseur qu'il est nécessaire de leur donner. Elles servent simplement de hausses.

H, H, fig. 1, 2, 3 et 5, brides on traverses au fer forgé, servant à maintenir l'écartement des colonnes dans le sens parallèle aux arbres de taillans. Les empoises supérieures et les chapeaux remplissent le même but dans l'autre sens.

E, E, écrons en bronze pour serrer les chapeaux, et empêcher les arbres de s'écarter pendant le travail.

A, A, fig. 2 à 5, 21 et 22, arbres des taillans. On les fait ordinairement en fer forgé; cependant on les coule quelquefois en fonte, pourvu que celle-ci soit tenace. T, T, *trèfles*, remplacés souvent par des bouts carrés, par lesquels les arbres reçoivent le mouvement; *c, c*, collets ou *tourillons* de l'arbre. R, ron-

delles fixes ou *d'épaulement*, coulées avec l'arbre s'il est en fonte, soudées ou solidement goujonnées s'il est en fer.

Le mouvement est donné aux deux arbres, au moyen d'alonges et de manchons, par deux pignons semblables à ceux des laminoirs, et moutés de la même manière.

t, t, fig. 2 à 5 et 19, taillans en acier trempé, moutés sur l'arbre. Entre ces taillans sont placées des rondelles en fer *e, e*, vues séparément fig. 20, et que l'on nomme *entre-deux*. Les taillans et les *entre-deux* forment ce qu'on nomme une *trousse*, laquelle est terminée par une *rondelle mobile* ou de serrage R', que l'on désigne aussi sous le nom de *garde*. Chaque trousse est assemblée par quatre boulons *b, b*.

Les taillans inférieurs et supérieurs ont un diamètre constant, quel que soit l'échantillon de fer à fendre; mais leur épaisseur, ainsi que celle des *entre-deux*, varie, ainsi qu'il est indiqué dans le texte.

On travaille quelquefois à *taillans battans*, c'est-à-dire sans que les troupes soient serrées par des boulons. Dans ce cas, les rondelles R et R' sont mobiles, et les jumelles JJ, sont maintenues par des vis de pression latérales contre les grandes rondelles inférieures, en leur laissant le jeu nécessaire.

f, f, fig. 5, 6 et 16, *vergettes* en fer placées entre les taillans. Elles sont serrées légèrement entre les porte-vergettes: à cet effet, ceux-ci, comme on le voit par les fig. 5, 11, 12 et 13, sont taillés en biseau obtus *mn, m'n'*, pour recevoir les échancrures des vergettes. Ces pièces doivent être un peu plus minces que les *entre-deux*, et elles servent à diriger le fer vers la sortie, en même

temps qu'à l'empêcher de s'enrouler autour des taillans.

g, g, fig. 3 à 6, 14 et 15, guides en fer, assemblés par des boulons à tête fraisée sur les jumelles. Ils servent à diriger le fer sur les taillans, pour qu'il ne puisse se porter à droite ou à gauche, et produire des fausses-tailles ou rognores.

q, q, fig. 1, 4, 6 et 8, eoussinets en bronze pour les tourillons d'arbres.

Fig. 23, projection latérale d'un arbre cylindrique; fig. 24, vue par bout du même arbre du côté du tourillon ex-

térieur. Les mêmes lettres indiquent ici les mêmes parties que celles de l'arbre carré représenté par les *fig. 21 et 22*. On fait quelquefois, mais assez rarement, usage de ce genre d'arbre; dans ce cas, on y adapte une languette fixe *ll*, et les taillans, ainsi que les entre-deux et la rondelle de serrage *R'*, sont entaillés pour livrer passage à cette languette. L'assemblage des troussees se fait du reste comme à l'ordinaire.

La vitesse des taillans est de 66 tours par minute.

PLANCHE 32.

Fours de chaufferie.

Les *fig. 1 à 4* représentent, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, un four de chaufferie employé dans la méthode galloise. Pour la description générale et les usages de ce four, voyez section VI de la II^e Partie, pag. 131 à 133.

Fig. 1, coupe longitudinale du four suivant les lignes 7, 8 de la *fig. 2*.

Fig. 2, coupe horizontale du four suivant la ligne 1, 2 de la *fig. 1*.

Fig. 3, élévation du four. Dans cette élévation, on a supposé enlevées deux des quatre portes.

Fig. 4, coupe verticale suivant la ligne brisée 3, 4, 5, 6 de la fig. 2.

F, F, fig. 1 à 4, foyer principal, dans lequel les troussees, préalablement échauffées au rouge dans les échauffes *A, A*, sont amenées à la chaude soudante.

A, A, fig. 1, 2, échauffes préparatoires, dans lesquels la flamme pénètre par les ouvreaux *B, B, fig. 1, 2, 4*.

S, S, fig. 1 et 4, sole du foyer principal, en poussier de coke préalablement humecté et bien battu. La *fig. 4* fait voir

que cette sole est inclinée de la rustine au laitier *l*.

S', S', fig. 1, soles des échauffes préparatoires. Ces soles sont faites en briques réfractaires, posées de champ.

G, G, fig. 2 et 4, plaque de fonte supportée par deux murets *L, L*. Cette plaque sert à recevoir le coke destiné à l'alimentation du four. Ce coke est introduit dans le foyer *F* par le tisdard *T*.

T, T, fig. 1, 2 et 4, tisdard. Le coke, placé en tas sur la plaque *G G*, est poussé à la pelle, et de manière à fermer toujours l'ouverture du tisdard.

H, H, fig. 2, 3 et 4, plaque de fonte sur laquelle on pose les troussees à souder, et qui sert à les faire passer facilement des échauffes dans le foyer. Les *fig. 2 et 3* font voir la disposition de la maçonnerie sur laquelle repose cette plaque.

O, O, fig. 2 à 4, haies des portes qui servent à l'introduction des troussees dans les échauffes et dans le foyer.

P, P', fig. 2 et 3, portes en fonte,

garnies en briques réfractaires, et manoeuvrées par des leviers à bascule.

I, I, *fig. 3* et 4, muret qui ferme le devant du four. On le démolit lorsqu'il est besoin de refaire la sole SS.

a, a, *fig. 1* et 2, ouverture de tuyère pour recevoir la buse b, qui porte le vent dans le foyer.

m, m, *fig. 2* et 4, saillies en briques réfractaires que l'on ménage dans le foyer pendant sa construction. Ces saillies sont destinées à recevoir le bout du gouver n, qui porte la trousse.

n, n, *fig. 2* et 4, gouver ou barre de fer dont une extrémité a été forgée en spatule, de la dimension des trousse. Il sert à supporter ces dernières pendant qu'on les chauffe jusqu'au blanc soufflant, et à les manoeuvrer pendant l'étiage sous le marteau.

L'inspection des figures fait assez voir les dispositions des maçonneries et des diverses plaques d'armature, pour qu'il ne soit pas nécessaire d'étendre davantage cette description.

Four dormant à l'échelle de $\frac{1}{11}$. Ce genre de four est employé en Belgique et dans les provinces rhénanes, pour chauffer le fer destiné à être fendu ou à être converti en tôle; mais dans la plupart des usines, on le remplace par un four à réverbère semblable à ceux représentés par les Pl. 26 et 30.

La cheminée des fours dormans n'est pas disposée pour produire un tirage, mais simplement pour enlever la fumée qui sort par la porte. On la place ordinairement sur le côté, et on la construit

en briques; mais il est plus économique, pour la dépense et pour l'espace, de la placer sur le devant du four, et de la faire en tôle, comme l'indiquent les *fig. 5* et 6. Le bas de cette cheminée est alors une simple hotte supportée par des armatures en fer.

Fig. 5, élévation du four.

Fig. 6, coupe longitudinale suivant 11, 12 de la *fig. 7*.

Fig. 7, coupe horizontale suivant la ligne 9, 10 de la *fig. 5*.

Fig. 8, coupe transversale suivant la ligne 13, 14 de la *fig. 6*.

Fig. 9, plan et élévation d'un barreau de la grille à une échelle plus grande.

Fig. 10, p, élévation, et p', coupe de la porte du four. Cette porte est en tôle; elle se pose simplement contre le cadre de porte et sur la plaque d'appui. On la manoeuvre avec un manège à crochet q.

D, D, *fig. 6* à 8, foyer; C, C, cendrier; K, K, grille.

E, E, *fig. 5* et 6, hotte en tôle pour évacuer les fumées. Cette hotte est supportée par un châssis en fer c, c. Les *fig. 6* et 7 font voir comment ce châssis est lui-même disposé et scellé dans la maçonnerie du fourneau.

M, M, *fig. 5* à 7, plaque en fonte pour armature de la porte.

N, N, ouverture pour le nettoyage du cendrier.

Q, Q, plaque en fonte pour servir d'appui ou de seuil à la porte du four. Elle est percée de deux trous t, t, pour l'assemblage des tiges g, g, qui supportent le châssis et la hotte.

PLANCHE 33.

Affineries et chaufferies à réverbère; échelle de $\frac{3}{1000}$.

Depuis quelques années, on a cherché à utiliser la chaleur perdue des foyers d'affinerie et de chaufferie, en l'employant soit à chauffer préalablement la fonte, soit à réchauffer les pièces et le fer en bidons pour les étirer. Après divers essais, on s'est arrêté à placer à la suite du foyer un four à réverbère à voûte surbaissée, et dont la capacité intérieure est traversée par les flammes de ce foyer. On a adopté ce mode soit pour travailler à l'air froid, soit pour se servir de l'air chaud, en élevant sa température au moyen de la chaleur du foyer même.

On a indiqué ici les dispositions qui sont aujourd'hui le plus généralement adoptées, et qui jusqu'à présent paraissent être les plus avantageuses.

Les *fig. 1 à 5* représentent une *affinerie du système de celles de l'usine de Laufen, près Schaffouse*, disposée pour travailler à l'air froid à volonté.

Fig. 1, coupe longitudinale du foyer, de son four et de la cheminée qui contient les tuyaux à chauffer l'air, suivant la ligne 1, 2 de la *fig. 2*.

Fig. 2, coupe horizontale du foyer, du four et de la cheminée, prise au-dessus de la sole du four.

Fig. 3, coupe verticale de la cheminée suivant la ligne 3, 4 de la *fig. 1*. Cette coupe est destinée à faire voir la disposition des tuyaux pour le chauffage de l'air.

Fig. 4, coupe du four suivant la ligne 5, 6 de la *fig. 2*.

Fig. 5, coupe du four suivant la ligne 7, 8 de la *fig. 2*.

Fig. 10, coupe verticale, à l'échelle de $\frac{1}{1000}$, de deux tuyaux et de la portion de troyau courbe par laquelle ils sont raccordés l'un à l'autre. Quant aux détails de l'assemblage des tuyaux, nous renvoyons à ce qui a été dit à ce même sujet lorsqu'il a été question du chauffage de l'air pour les hauts-fourneaux.

A, *fig. 2* et 4, baie de la première porte du four. B, *fig. 2* et 5, baie de la seconde porte. Les morceaux de gueuse en quantité nécessaire sont d'abord disposés sur la partie inclinée *sm* de la sole, où ils se préparent à la fusion comme dans les affineries ordinaires. L'affinage se fait dans le foyer F, à la manière habituelle. On profite de la chaleur dégagée par le foyer pour chauffer les bidons provenant du forgeage de la loupe précédente, et l'on introduit ces bidons, par la porte B, dans la partie *ms'* de la sole du four. Si, au contraire, on veut se servir du four et du foyer à usage de chaufferie, les pièces sont disposées par la porte A, sur la sole inclinée *sm*, pour commencer à les échauffer. Pendant ce temps, d'autres pièces sont mises sur le foyer F, et portées à la chaude soudante. Tout ce travail peut se faire sans gêner le réchauffage des bidons disposés sur la sole *ms'*, et les deux opérations peuvent marcher simultanément, puisque les pièces sont forgées au gros marteau et les bidons étirés au martinet.

C', C', *fig. 1* à 3, cheminée. Cette cheminée reçoit les tuyaux I, K, L, M, disposés comme le montrent les *fig. 1* et 3. Ces tuyaux sont supportés par les murets intérieurs D, D, *fig. 2* et 3. Les

murets E, E, *fig. 2 et 3*, forment les parois extérieures de la cheminée. Les espaces compris entre E et D, et dans lesquels se logent les portinns courbes qui racerndent les tuyaux, sont garnis de fraisl, pour s'opposer aux déperditions de chaleur. Les figures indiquent suffisamment les détails de construction et la disposition des diverses plaques d'armature de cette cheminée, et il n'est pas nécessaire d'entrer dans de plus amples explications à cet égard.

F, F, *fig. 1 et 2*, foyer de l'affinerie.

S, m, S', *fig. 1 et 2*, sole du four de chaudière. La partie Sm, que l'on nomme *banquette*, est inclinée de 0° 5, et la partie m S' est horizontale.

H, H, *fig. 1 et 5*, ouverture pour l'introduction de la flamme dans la cheminée.

I, *fig. 3*, coude de racerndement pour relier les tuyaux de chauffage au tuyau qui amène l'air froid fourni par la soufflerie. Les flèches indiquent le sens du mouvement de l'air.

G N, *fig. 2 et 3*, tuyau pour conduire l'air à la tuyère t. Lorsqu'on veut employer alternativement l'air chaud et l'air froid au travail de l'affinage, ou substitue à la partie droite G N, un tuyau à embranchement pourvu d'un robinet ou de clapets, qui permet de faire usage de l'un ou de l'autre air à volonté.

V, V, *fig. 1*, voûte du four à réverbère. L'extrémité de cette voûte, du côté du foyer, est soutenue par une plaque de fonte p.

Affineries à réverbère de l'usine d'Audincourt (Doubs).

Elles diffèrent de celle que l'on vient de décrire d'abord en ce que les flammes de deux foyers d'affinerie sont amenées dans un four unique, et en second lieu

II^e PARTIE.

parce qu'elles ne sont pas disposées pour le chauffage de l'air.

Fig. 6, coupe verticale du four à réverbère, suivant la ligne 13, 14, et d'une affinerie suivant la ligne 15, 16 des *fig. 7 et 9*.

Fig. 7, coupe horizontale du four et des deux affineries, suivant la ligne brisée 9, 10, 11, 12 de la *fig. 9*.

Fig. 8, élévation de la face de travail des deux affineries accouplées.

Fig. 9, coupe verticale des affineries et du four, suivant la ligne 17, 18, axe des tuyères.

P, P, *fig. 6 à 8*, ouvertures de travail des affineries.

V, V, *fig. 6 à 9*, foyers des deux affineries, avec leurs diverses plaques.

T, T, *fig. 7 et 9*, tuyères.

Q, Q, *fig. 6 à 9*, ouverture réservée dans la maçonnerie qui est derrière les plaques de varme. Cette ouverture est destinée à l'introduction des gueuses dans le foyer.

XX et U, U, *fig. 6, 7 et 9*, projections des parties de maçonnerie composant ensemble les passages qui conduisent la flamme de chaque affinerie dans le four commun. L'inspection attentive des figures fera mieux concevoir la disposition et les formes successives de la double voûte de ces passages, que ne le pourrait faire une description.

R, R', *fig. 6 et 7*, sole du four.

O, O', *fig. 6 et 7*, portes par lesquelles on introduit les bidons sur la sole RR' du four, pour être réchauffés et ensuite étirés au laminier.

Y, *fig. 6*, canal pour introduire dans la cheminée la flamme qui a traversé le four. Z, *fig. 6 et 9*, cheminée.

Ces figures font voir que le canal Y, qui précède le tuyau Z de cheminée, a la même dimension que ce dernier dans

le sens perpendiculaire à l'axe de la sole, tages des affineries et chaufferies à ré-
et une dimension moindre dans l'autre verbère que l'on vient de décrire, voyez
sens. le texte, section XII.

Relativement à l'usage et aux avan-

FIN DE LA DESCRIPTION DES PLANCHES DE LA DEUXIÈME PARTIE.



66585

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA DESCRIPTION DES PLANCHES.

DEUXIÈME PARTIE.

FABRICATION DU FER FORGÉ.

PLANCHE 1. Disposition générale de la forge catalane de Ria (Pyrénées-Orientales). — Foyers de forges catalanes. — Fourneaux ou foyers navarrais.	Page 1
2. Grande trompe de l'usine de Ria (Pyrénées-Orientales).....	4
3. Marteau à cingler de la forge de Ria.....	6
4. Disposition générale d'une forge à l'allemande.....	9
5. Feu d'usine des forges de la Booneville (Eure).....	11
6. Chaufferie des forges de Jeand'heurs (Meuse).....	13
7. Marteau à soulèvement sur ordon à drôme coupé.....	15
8. Suite de l'ordon à drôme coupé, détails de cet ordon, et marteau sur ordon à jambes en fonte de l'usine de Jeand'heurs.....	18
9. Suite du marteau sur ordon à jambes en fonte.....	22
10. Martinet des forges de Jeand'heurs (Meuse) et martinet des forges de la Booneville (Eure).....	23
11. Martinet des forges de Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).....	25
12. Disposition générale de la forge à l'anglaise de Decazville (Aveyron)...	27
13. Disposition des fineries à l'anglaise des forges de Terrenoire, près Saint-Étienne (Loire).....	29
14. Finerie à six tuyères de la forge anglaise de Terrenoire (Loire), par M. Walter.....	31
15. Four à puddler de l'ancienne forge à l'anglaise de Charenton (Seine) et de celle du Creuzot (Saône-et-Loire).....	33
16. Four à puddler à double sole des forges de Bologne (Haute-Marne)....	35
17. Marteau frontal des forges du Creuzot (Saône-et-Loire).....	36
18. Détails du marteau frontal du Creuzot.....	38
19. Laminier dégrossisseur de l'usine du Creuzot.....	39
20. Suite et détails de laminiers dégrossisseurs.....	41
21. Cisaillies de l'usine du Creuzot.....	42
22. Four à réchauffer des forges d'Aberrychan (pays de Galles), par M. Philip Taylor.....	43

PLANCHE 23. Laminatoires marchands de l'usine de Seraing (Belgique).....	Page 45
24. Laminatoires à petits fers (petit mill) et à tringles (gid-rolls) des forges de Terrenoire.....	47
25. Détails et tracés de laminaires.....	49
26. Fours à réchauffer les tôles des usines de Charenton (Seine) et Terrenoire (Loire).....	50
27. Laminoir à coins pour la tôle de l'usine de Seraing (Belgique).....	52
28. Laminoir à tôle, à colonnes, des forges de Terrenoire.....	55
29. Laminoir à cercles des forges de Terrenoire.....	57
30. Four de fenderie au bois des forges d'Aron (Mayenne), par M. Walter..	58
31. Fenderie de l'usine de Terrenoire.....	60
32. Fours de chaufferie.....	62
33. Affineries et chaufferies à réverbère.....	64

FIN DE LA TABLE DE LA DESCRIPTION DES PLANCHES DE LA DEUXIÈME PARTIE.

